

Aus der Klinik und Poliklinik für Anästhesiologie und Intensivtherapie
der Medizinischen Fakultät der Universität Rostock
(Direktorin: Prof. Dr. med. Nöldge-Schomburg)

**Die Qualität praktischer und
theoretischer Leistungen
von medizinischem Fachpersonal der Universitätsmedizin Rostock
nach Absolvierung eines BLS-Grundlehrganges
und im zeitlichen Verlauf**

-

Implementierung einer Qualitätssicherungsmaßnahme

Eine prospektive monozentrische Longitudinalstudie

Inauguraldissertation
zur
Erlangung des akademischen Grades
Doktor der Medizin
der Universitätsmedizin Rostock

vorgelegt von:
Matthias Wolf
aus Lüssow

Rosotck, 13/05/2015

Gutachter:

1. Prof. Dr. med. T. Scheeren, Leiter Sektion Kardiothorakale Anästhesie, Universitair Medisch Centrum Groningen, NL
2. Prof. Dr. med. T. Mencke, Klinik für Anästhesiologie und Intensivtherapie, Universitätsmedizin Rostock
3. Prof. Dr. med. K. Hahnenkamp, Direktor der Klinik für Anästhesiologie, Universitätsmedizin Greifswald

Tag der Verteidigung: 16/12/2015

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis

1 Einleitung

2 Historischer Überblick Reanimatologie

2.1 „Alles neu“ - Die ERC-Guidelines 2005

3 Guidelines 2010

3.1 Wissensüberprüfung

4 Material & Methoden

4.1 Ethikvotum

4.2 Studiendesign

4.3 Studienziel

4.4 Probandenauswahl und -registrierung

4.5 Studienablauf

4.5.1 BLS-Grundkurs

4.5.2 Nachuntersuchungsgruppen

4.5.3 Fragebogen

4.5.4 Folgeevaluation des reformierten BLS-Kurses (Reformkurs)

4.6 Datenerfassung

4.7 Statistik

5 Ergebnisse

5.1 Demographische Daten

5.2 Thoraxkompression

5.2.1 Kompressionsrate

5.2.2 Kompressionstiefe

5.2.3 Entlastung des Brustkorbes

5.3 Beatmung

5.3.1 Initialbeatmung

5.3.2 Beatmungsfrequenz

5.3.3 Beatmungsvolumen

- 5.3.4 Atemminutenvolumen
- 5.4 Reanimationsrhythmus
- 5.5 "Hands-Off-Time"
- 6.6 Fragebogen
- 6 Diskussion**
 - 6.1 BLS-Kurse und Nachuntersuchungsgruppen
 - 6.1.1 BLS-Algorithmus
 - 6.2 Studienergebnisse
 - 6.2.1 Demographische Daten
 - 6.2.2 Thoraxkompression
 - 6.2.2.1 Kompressionsrate
 - 6.2.2.2 Kompressionstiefe
 - 6.2.2.3 Entlastung des Brustkorbes
 - 6.2.3 Beatmung
 - 6.2.3.1 Initialbeatmung
 - 6.2.3.2 Beatmungsfrequenz
 - 6.2.3.3 Beatmungsvolumen
 - 6.2.3.4 Atemminutenvolumen
 - 6.2.4 Reanimationsrhythmus
 - 6.2.5 "Hands-Off-Time"
 - 6.2.6 Fragebogen
 - 6.3 Reflexion
 - 6.3.1 Schlussbetrachtung des reformierten BLS-Kurses
 - 6.4 Studienlimitierung
 - 6.5 Ausblick
- 7 Zusammenfassung**
- 8 Literaturverzeichnis**
 - Danksagung
 - Lebenslauf
 - Erklärung

Abkürzungsverzeichnis

A.	Arteria
Abb.	Abbildung
ACLS	Advanced Cardiac Life Support
AED	Automatisierter externer Defibrillator
AHA	American Heart Association
ALS	Advanced Life Support
AMV	Atemminutenvolumen
BF	Beatmungsfrequenz
BLS	Basic Life Support
BV	Beatmungsvolumen
bzgl.	bezüglich
bzw.	beziehungsweise
ca.	zirka
cm	Zentimeter
CPR	cardio pulmonary resuscitation
d.h.	das heißt
ECC	emergency cardiac care
EDV	elektronische Datenverarbeitung
ERC	European Resuscitation Council
Fa.	Firma
HDM	Herzdruckmassage
HLW	Herz-Lungen-Wiederbelebung
i.d.R.	in der Regel
ICR	Intercostalraum
ICU	Intermediate Care Unit
ILCOR	International Liaison Committee on Resuscitation
KAI	Klinik für Anästhesiologie und Intensivtherapie
kg	Kilogramm
KG	Körpergewicht
KHK	Koronare Herzkrankheit
KR	Kompressionsrate
KT	Kompressionstiefe
l	Liter
min	Minute
ml	Milliliter
mm	Millimeter
mmHg	Millimeter Quecksilbersäule
MTA	Medizinisch Technische/r Assistent/in
n.Chr.	nach Christus
NAS-NRC	National Academy of Sciences - National Research Council
NUG	Nachuntersuchungsgruppe
o.ä.	oder ähnliches
OP	Operationssaal
PIT	perioperative Intensivtherapiestation
PLS	Pediatric Life Support
RoSaNa	Rostocker Simulationsanlage und Notfallausbildungszentrum
ROSC	Return of spontaneous circulation
s	Sekunden

sec	Sekunden
sog.	sogenannt
Tab.	Tabelle
TN	Teilnehmer
u.a.	unter anderem
USA	United States of America
v.a.	vor allem
z.B.	zum Beispiel

1. Einleitung

Eine der größten Herausforderungen im Gesundheitswesen ist die Bewältigung von medizinischen Notfällen. Das Überleben des Notfallpatienten ist maßgeblich von den Entscheidungen abhängig, die in den ersten Sekunden nach Eintritt des Notfalls getroffen werden. Diese Situationen beschränken sich keinesfalls auf die präklinische Phase, d.h. auf Notfälle außerhalb des Krankenhauses. Auch innerhalb der Krankenhäuser werden Ärzte und Pflegepersonal sich immer wieder mit für den Patienten lebensbedrohlichen Konstellationen von Beeinträchtigungen eines oder mehrerer Organsysteme auseinandersetzen müssen. Die sofortige Versorgung eines plötzlich eintretenden und potenziell das Leben gefährdenden Ereignisses, wie dem Herzkreislaufstillstand, muss in einer Klinik 24 Stunden am Tag sichergestellt werden. Durchschnittlich erleidet einer von 1000 Patienten in der Klinik einen Kreislaufstillstand (Wilhelm 2011). Damit die Reanimation erfolgreich ist und der Patient anschließend das Krankenhaus auf eigenen Beinen und möglichst ohne neurologische Funktionsstörungen verlassen kann, gibt es Forderungen nach festen Algorithmen für die innerklinische Reanimation (Brambrink 2006). Die Umsetzung der adäquaten Behandlung eines zeitkritischen Ereignisses, wie die des Herzkreislaufstillstandes, ist somit repräsentativ für die Qualität der innerklinischen Notfallmedizin (Adams et al. 2003).

Die Prognose für Patienten mit innerklinischem Kreislaufstillstand hat sich trotz aller diesbezüglichen Bemühungen in den vergangenen Jahrzehnten nicht signifikant verbessert. Würde die innerklinische Reanimation immer wie beispielsweise in der amerikanischen Fernsehserie "Emergency Room" ablaufen, wo innerhalb von Sekunden neben dem Reanimationsteam weiteres routiniertes Personal auch aus anderen medizinischen Fachrichtungen vor Ort ist und die einzelnen Handlungsschritte schnell und ordnungsgemäß ausgeführt werden, gäbe es wahrscheinlich auch in deutschen Krankenhäusern eine höhere Erfolgsrate bei den Wiederbelebungen. In der Realität verlassen aber lediglich 15,2% der Patienten nach einem Kreislaufstillstand lebend das Krankenhaus (Adams et al. 2003). Die entsprechende Einjahresüberlebensrate beträgt sogar nur 11%. Im US-amerikanischen Krankenhaus-Register "National Registry of Cardiopulmonary Resuscitation" wird eine Überlebensrate von 18% beschrieben (Nadkarni et al. 2006). Diese ist jedoch stark abhängig von der untersuchten Patientengruppe und liefert insofern nur bedingt relevante Aussagen zur Qualität der Reanimation. Auch in den USA überleben weniger als 20% der Patienten mit innerklinischem Kreislaufstillstand (Weill et al. 2005).

Weder für die USA noch für Deutschland existieren jedoch verlässliche Daten zur Anzahl innerklinisch durchgeführter kardiopulmonaler Reanimationen. Dies lässt sich auch am Beispiel der durch Personal der perioperativen Intensivtherapiestation jährlich durchgeführten Reanimationen in der Klinik für Anästhesiologie und Intensivtherapie der Universitätsmedizin Rostock belegen. Die Zahlen schwanken von sechs bis 28 Fällen erheblich (Tab. 1).

Jahr	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
absolute Häufigkeit	16	26	28	15	12	6	22	14

Tab.: 1 Absolute Häufigkeit vom Notfallteam der Klinik für Anästhesiologie und Intensivtherapie reanimierter Patienten außerhalb der Intensivstation (Jahresberichte der KAI).

Da die stationären Patienten im allgemeinen multimorbide sind und die Störungen der Vitalfunktionen größere Ausmaße annehmen, muss gerade hier eine schnelle und entsprechend effektive Therapie in Form von Basismaßnahmen der Wiederbelebung obligat sein. Diese Maßnahmen basieren auf der bestmöglichen Umsetzung der einzelnen Elemente der Überlebenskette mit frühem Notruf bzw. unverzüglicher Alarmierung des Reanimationsteams, sofortiger Durchführung von Erste-Hilfe-Maßnahmen, schnellst möglicher Defibrillation und nahtlosem Übergang in erweiterte Maßnahmen durch das Reanimationsteam (Callans 2004). Schon alleine die unverzügliche Durchführung des sogenannten Basic Life Support (BLS) im Rahmen der Ersten Hilfe führt zu einer zwei- bis dreifach erhöhten Überlebenswahrscheinlichkeit (Handley et al. 2005). Der Algorithmus der Cardiopulmonalen Reanimation (CPR) im Rahmen des BLS besteht aus dem Erkennen eines Herzkreislaufstillstandes, dem Absetzen des Notrufes, dem Freimachen der Atemwege sowie der Herzdruckmassage und der Beatmung. Dadurch wird die Transformation des in der Häufigkeit der Fälle vorliegenden primären Kammerflimmerns in die Asystolie hinausgezögert (ERC 2000, Weaver et al. 2002). Ohne jegliche Intervention sinkt die Überlebenswahrscheinlichkeit nach einem Herzkreislaufstillstand pro Minute um ca. 10%, dagegen mit rechtzeitigem BLS nur um ca. drei bis vier Prozent (Handley et al. 2005). Auch innerklinisch korreliert die Prognose des Überlebens eines Kreislaufstillstandes mit der Zeitdauer, die bis zum Beginn der Reanimationsmaßnahmen vergangen ist (Huang et al. 2002).

Jeder, der in die Versorgung von Patienten involviert ist, muss daher in der Lage sein, einen Kreislaufstillstand schnell und fachgerecht zu behandeln. In diesem Zusammenhang

ist es für jeden im Gesundheitssystem Tätigen unabdingbar, sich mit der verhältnismäßig einfachen Methode der geschlossenen Herzdruckmassage (HDM) vertraut zu machen und diese im Sinne des Patienten fachgerecht durchzuführen. Gemäß den Guidelines des European Resuscitation Council (ERC) von 2005 sollten alle den Patienten betreuenden Berufsgruppen im Stande sein, einen Herzkreislaufstillstand zu erkennen, weitere Hilfe zu rufen und anschließend Basismaßnahmen der Herz-Lungen-Wiederbelebung einzuleiten. Allerdings kann man nicht generell davon ausgehen, dass die Methoden der Herzdruckmassage heute zum Wissensgut eines jeden Mediziners gehören (McGlynn et al. 2003, Zykla-Menhorn 2004). Studien der letzten Jahre haben Defizite hinsichtlich des Kenntnisstandes einer adäquat durchzuführenden kardiopulmonalen Reanimation beim medizinischen Fachpersonal aufgezeigt. Zu lange Unterbrechungen der Thoraxkompressionen und eine zu geringe Kompressionstiefe sind beispielsweise nur zwei der Abweichungen von den vorgeschriebenen Standards (Abella et al. 2005, Kiyani et al. 2008, Lirola et al. 2002, Schellhammer 2003). Auch gibt es Berichte darüber, dass besonders auf den peripheren Stationen, also außerhalb der Intensivstation häufig nur mit zeitlicher Verzögerung effektive Reanimationsmaßnahmen begonnen werden. Besonders hier wird der Großteil der Herzkreislaufstillstände durch das Pflegepersonal und nur zu einem geringen Anteil durch Ärzte bemerkt.

Trotz der überragenden Bedeutung der Reanimationsmaßnahmen für das Überleben von Patienten gibt es in Deutschland keine Verpflichtungen für ärztliches und nichtärztliches Personal hinsichtlich regelmäßiger Schulungen in den Basismaßnahmen der Herz-Lungen-Wiederbelebung (HLW) (Dick 2003). Lediglich Medizinstudenten werden in der Approbationsordnung zur Teilnahme an einem Notfallkurs verpflichtet, um sowohl innerklinisch als auch außerklinisch Patienten im potenziell lebensgefährdenden Zustand adäquat versorgen zu können. Als Konsequenz aus diesen aufgeführten Defiziten ergibt sich die unabdingbare Forderung, eine Qualitätssicherungsmaßnahme mit regelmäßigem Besuch von Weiterbildungen in Basic Life Support für alle in der Patientenversorgung Tätigen innerklinisch zu implementieren. Eine größtmögliche Sicherheit in der Behandlung kritischer Ereignisse ist nur zu gewährleisten, wenn das medizinische Personal in ein präventives Qualitätsmanagement integriert wird. In diesem Kontext nimmt die Ausbildung eine Schlüsselposition ein, weil hierdurch gewährleistet werden kann, dass der unterschiedliche Wissensstand bei den lebensrettenden Sofortmaßnahmen innerhalb der verschiedenen medizinischen Berufsgruppen einer Klinik auf ein angemessenes Niveau gebracht wird. Für die Verantwortlichen der entsprechenden klinischen Bereiche erfordert

diese komplexe Aufgabe eine genaue Analyse des erreichten Qualitätsniveaus anhand klar definierter Kriterien, die mit den jeweiligen Standards zu vergleichen sind. Letztlich gilt es herauszufinden, in welchen Zeitintervallen eine Auffrischung des Wissens und der technischen Fertigkeiten im Rahmen der Reanimation angemessen bzw. notwendig wäre. Durch ein wiederholtes Training könnte sowohl ein hohes Niveau der erforderlichen Maßnahmen gewährleistet, als auch gleichzeitig Neuerungen in den Algorithmus integriert werden. Diese Notwendigkeit ergibt sich allein aus der Tatsache, dass die Reanimatologie in den letzten Jahren einem beachtlichen wissenschaftlichen Wandel unterlag (Adams et al. 2003).

Mit Hilfe von Qualitätsmanagement ist es möglich, die Standards entsprechend den sich ständig verändernden wissenschaftlichen Erkenntnissen anzupassen, ohne grundlegende Strukturen aufzugeben bzw. diese in Frage zu stellen (Donabedian 2005, Heard et al. 2001, Harbor et al. 2001, Maguarez et al. 2001, Ruckholtz et al. 2002). Hieraus resultiert eine zusätzliche Anforderung an die Aus- und Weiterbildung, z.B. Anpassung der Kursdauer und Schaffung der materiellen technischen Voraussetzungen. Auch gilt es im Rahmen der Qualitätssicherung herauszufinden, auf welche Aspekte bei Fort- und Weiterbildungen besonderes Augenmerk gelegt werden muss.

Ziel dieser Studie war es eine optimale Zeitspanne zwischen den jeweiligen BLS-Schulungen zu bestimmen, um ein höchstmögliches und ökonomisch vertretbares Niveau in der Anwendung lebensrettender Sofortmaßnahmen im Rahmen des Basic Life Support in der Universitätsmedizin Rostock zu garantieren. Um die notwendigen regelmäßigen Schulungen für alle Klinikmitarbeiter gewährleisten zu können, muss in diesem Zusammenhang eine angemessene Kursdauer festgesetzt werden. Zusätzlich galt es herauszufinden, in welchem Bereich der Herz-Lungen-Wiederbelebung Defizite bestehen, um diese dann durch gezielte Planung und Gestaltung der BLS-Lehrgänge bzw. Auffrischkurse zu beheben. Im Anschluss sollten Standards zur Implementierung einer Qualitätssicherung definiert werden mit dem Ziel, eine suffiziente kardiopulmonale Reanimation in der Universitätsmedizin Rostock zu etablieren und damit die Überlebenschance für Patienten mit innerklinischem Herzkreislaufstillstand zu erhöhen. Darüber hinaus sollte dieses Konzept auch auf die angeschlossenen Lehrkrankenhäuser und andere Schulungseinrichtungen übertragen werden.

Im Rahmen dieser Arbeit sollten folgende Fragestellungen schwerpunktmäßig bearbeitet werden:

1. Wie gut ist die BLS-Performance im Anschluss an einen BLS-Grundkurs?
2. Wie gut ist das theoretische Wissen zum Thema Cardiopulmonale Reanimation?
3. Wie verändern sich die untersuchten Reanimationsparameter im zeitlichen Verlauf?
4. In welchem Zeitintervall sind Wiederholungsschulungen durchzuführen?

2 Historischer Überblick Reanimatologie

Schon geraume Zeit bevor der russische Pathophysiologe Vladimir A. Negovsky den Begriff der "Reanimatology" kreierte (Negovsky 1982) gab es einen langen Entwicklungsprozess in der Behandlung des Herzkreislaufstillstandes. Die Versuche, bereits klinisch Tote wieder ins Leben zurückzuholen, sind so alt wie die Menschheit selbst. Bereits in der Bibel, sowohl in den hebräischen Schriften als auch im Alten und Neuen Testament, gibt es Beschreibungen über die Wiederbelebung, z.B. der Propheten Elija und Elisha. Im Ersten Buch der Könige des Alten Testaments erweckt Elija den Sohn einer Witwe in Zarephath von den Toten und Elisha rettet im Zweiten Buch der Könige den Sohn einer Sunamiterin. Man findet hier im Zusammenhang mit Beatmung und Herzdruckmassage Anweisungen wie: „Dann beugte er sich dreimal über das Kind [...]" (Zürcher Bibel 2007) und „Dann stand er auf, legte sich über das Kind und presste seinen Mund auf den Mund des Kindes [...]" (Neues Leben 2006). Auch in der indischen Mythologie wird Sukra, einem Priester der Dämonen, das Wissen über den Zauber der Wiederbelebung nachgesagt, das er an seinen Schüler Kaca weitergab (O'Flaherty 1975).

Intensiver wurden die Forschungen auf dem Gebiet der Reanimatologie in den letzten Dekaden des 19. Jahrhunderts. Es wurden Experimente mit der offenen Herzmassage an Tieren und Menschen durchgeführt (Greene 1900, Boehm 1878, Maass 1892). Gemäß den Veröffentlichungen von Safar aus dem Jahr 1989 entwickelten sich daraus dann Methoden, wie den Betroffenen über ein Fass zu rollen oder die Benutzung von Blasebälgen, was wohl eher bei respiratorischen Ursachen eines Herzstillstandes Anwendung fand. Techniken wie die "Silvester Chest Pressure Arm Lift"-Methode (Silvester 1858), bei der durch einen Wechsel von Druck auf den Thorax und Bewegung der Arme des Patienten eine Belüftung der Lungen erreicht werden sollte, oder der "Schäfer Prone Pressure"-Methode (Schäfer 1904), bei der der Brustkorb des auf dem Bauch liegenden Patienten von hinten rhythmisch komprimiert wird, kamen zur Anwendung. Zu Beginn des 20. Jahrhunderts gelang es, Tiere mit Hilfe künstlicher Beatmung und parenteraler Injektion des Katecholamins Epinephrin (= Adrenalin) wiederzubeleben. In der Zusammenschau der Ergebnis dieser Versuche fand man heraus, dass eine Herzdruckmassage ausreicht, um einen künstlichen Kreislauf zu erzeugen. Dies wurde daraufhin als "Thoracic Pump Theory" bezeichnet (Crile et. al 1906).

Zur Beseitigung des Scheintodes gab es in dieser Zeit auch aus heutiger Sicht fragwürdige Konzepte, darunter die Anwendung sensibler Haut- und Schleimhautreize zur reflektorischen Stimulation des Herzens. Dazu wurden Dämpfe oder Gewürze in Mund- und Nasenhöhle geblasen, auch Tabak-Klistiere fanden Anwendung. Die Brust wurde mit Branntweinessig eingerieben, Spiritus in den Bindehautsack getropft oder die Zunge rhythmisch herausgezogen. Ergänzend empfahl Hufeland um 1800 den Gebrauch von elektrischem Strom, indem man 2 Kupferdrähte 10-20 sec. lang in die Nasenlöcher steckt oder über Elektroden am Kopfnickerhinterrand die Inspirationsmuskulatur stimuliert.

Die indirekte Herzmassage nach Mass-König, bei der 120-mal pro Minute mit dem Daumenballen in der Herzgegend gedrückt wurde, war nur bei elastischem, jugendlichen Thorax erfolgreich. Im Gegensatz dazu war die direkte Herzmassage, egal ob thorakal, sub- oder transdiaphragmal durchgeführt, weitaus effektiver. Diese konnte jedoch nur bei Herzstillstand unter Äthernarkose im Operationssaal durchgeführt werden. Die Schüler'sche Methode beispielsweise, die vorsah den Rippenbogen bei der Einatmung aufzuziehen und bei der Ausatmung wieder herunter zu drücken, war nicht effizient. Allerdings bestand Einigkeit darüber, dass die besten Erfolge bei der Wiederbelebung eintraten, wenn man die künstliche Beatmung mit der Herzmassage kombinierte. Das grundlegende Prinzip bei den Wiederbelebungstechniken war damals schon die mechanische Erzeugung eines kräftigen Blutflusses im Herzen (Bruns 1923). Diese Dringlichkeit der direkten Herzmassage wurde weiter hervorgehoben. Es folgte in den späten 50er Jahren die Beschreibung der Notfallthorakotomie als Mittel der Wahl zur Behandlung des Kreislaufstillstandes (Stephenson et al. 1953). Hierzu wurde, zum Teil auch unter nicht-sterilen Bedingungen, der Thorax vorzugsweise im 4. bzw. 5. ICR links eröffnet. Ziel dieses Verfahrens war es, die peripheren Gewebe unter reiner Sauerstoffbeatmung maximal aufzusättigen (Gütgemann-Bonn 1953). Der Beginn der modernen CPR wurde dann mit der externen Frühdefibrillation 1956 und der Notfallbeatmung in Mund-zu-Mund Technik 1958 eingeläutet (Safar et al. 1958, Elam et al. 1958). 1960 erfolgte ein Umdenken hinsichtlich der indirekten Herzdruckmassage. Kouwenhoven, Jude und Knickerbocker stellten beim Aufdrücken von Elektroden externer Defibrillatoren eine Veränderung des arteriellen Blutdrucks in der Arteria femoralis fest und propagierten fortan die Anwendung der geschlossenen Thoraxkompression (Kouwenhoven et al. 1960, Kouwenhoven 1969).

Trotz der Entwicklung verschiedenster Methoden zur Behandlung des Kreislaufstillstandes in den 1950er Jahren und der Etablierung der Herzmassage als zentrale Maßnahme in einem solchen Fall, konnte man nicht davon ausgehen, dass jeder Arzt diese Methoden kannte, geschweige denn in der Lage war, diese durchzuführen (Hirsch et al. 1964). Folgerichtig kam es am 23. Mai 1966 zur ersten Einberufung einer nationalen Konferenz in den USA, mit dem Ziel die wissenschaftlichen Aspekte und klinischen Erfahrungen in der Reanimatologie zu propagieren, zu aktualisieren und zu vereinheitlichen. Daraufhin wurde dort das Training von medizinischem Fachpersonal in der CPR entsprechend den Standards der American Heart Association (AHA) beschlossen. Zusätzlich wurde empfohlen, diese Lehrgänge auch der breiten Öffentlichkeit anzubieten (Cardiopulmonary resuscitation 1966, Cardiopulmonary resuscitation 1967). Mit dieser Maßnahme, Reanimation als Aufgabe und Verantwortung für Mediziner und Laien zu verstehen und zu definieren, wurde eine Traditionslinie fortgesetzt, die ihren Ursprung im frühen Mittelalter hat. Bereits Benedikt von Nursia (480 - 547 n. Chr.) führte mit den nach ihm benannten Benediktinerregeln ein medizinisches Konzept zur Erhaltung der Gesundheit innerhalb einer christlichen Gemeinschaft ein (Eckart 2009).

In der 2. Konferenz 1973 in Kooperation der National Academy of Sciences - National Research Council (NAS-NRC) und der AHA wurden Vereinbarungen getroffen, die Standards der CPR durch die AHA festzulegen und hierauf basierend die Ausbildung von medizinischen Laien zu erstellen. Des Weiteren kam es zur Integration von Basic Life Support und Advanced Life Support (ALS) in den Krankenhäusern (Standards for cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiac care 1974). Alle Mitarbeiter einer Klinik sollten die CPR einheitlich gemäß den Standards beherrschen. Den aktuellen Wissensstand zur Standardisierung der Wiederbelebung fasste Safar 1977 zusammen: er propagierte eine Zielzyklusrate der Thoraxkompressionen von 60-80/min bei der Ein-Helfermethode mit einem Verhältnis Herzdruckmassage zu Beatmung von 15:2, alternativ bei der Zwei-Helfermethode von 5:1. Aufgrund der Annahme, dass 80% der Herzkreislaufstillstände hypoxisch bedingt sind, sei die Initialbeatmung wichtig, auch bei innerklinischen Reanimationen. Schon 1977 war bekannt, dass die Zeit bis zum Beginn geeigneter Maßnahmen der limitierende Faktor ist und dass lange Pausen durch die Insufflation von Sauerstoff während der HDM die Wahrscheinlichkeit einer spontanen Wiederkehr des Kreislaufs (Return of spontaneous circulation, ROSC) verringern. Ebenfalls empfohlen wurde das Tasten des Carotispulses zur Feststellung des Kreislaufstillstandes, sowie eine

Kombination von Hochlagerung der Beine und Tieflagerung des Kopfes während der Reanimation (Safar 1977).

In der 3. Konferenz zu diesem Thema 1979 wurden vor allem die Empfehlungen für die Durchführung von BLS- und Advanced Cardiac Life Support (ACLS)-Kursen aktualisiert bzw. angepasst und spezielle Kurse für die Wiederbelebung von Kindern und Neugeborenen konzipiert (Standards and guidelines for cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiac care 1980). Während der folgenden Kongresse 1985 und 1992 wurden die Leitlinien, basierend auf klinischen Studien und wissenschaftlichen Ergebnissen, modifiziert. Das Abwechseln von Mund-zu-Mund-Beatmung und Herzdruckmassage erhielt seinen festen Platz in den CPR-Richtlinien.

Die Einfachheit dieser Technik war Voraussetzung für eine breite Implementierung der CPR in der Bevölkerung (Paraskos 1993). Hieraus ergaben sich neue Chancen bei der Erstversorgung von Patienten, da ohne die Durchführung von Basismaßnahmen durch nichtprofessionelle Helfer in der Mehrzahl der Fälle die Wiederbelebungszeit des Gehirns bis zum Eintreffen professioneller Hilfe deutlich überschritten sein würde. Schon immer galt der Leitspruch „Time is brain“ sowohl für die Präklinik, wo die mittlere Einsatzzeit arztbesetzter Rettungsmittel oberhalb der Ischämiezeit des Gehirns von acht Minuten liegt, als auch für die innerklinische Versorgung (Bahr et al. 2001). Nur ein schnellstmöglicher Beginn der lebensrettenden Sofortmaßnahmen durch Laien erhöht die Überlebenschancen. Verknüpft mit einer adäquaten und einheitlichen Versorgung von Patienten mit Herzkreislaufstillstand durch Notfall- und Intensivmediziner hatte auch die Notfallmedizin, die sich mehr und mehr als Teilgebiet der Anästhesiologie mit diesem Thema befasste, einen großen Anteil daran (Lawin 1991). In diesem Zusammenhang sei auch im Hinblick auf die Verbesserung der Praxis der kardialen Notfalltherapie auf die aktualisierten Empfehlungen des International Liaison Committee on Resuscitation (ILCOR), aufbauend auf neuen wissenschaftlichen Daten ab dem Jahre 2000, hingewiesen (ILCOR 2000). Wesentliche Neuerungen im Bereich BLS waren nunmehr das Auslassen der Pulskontrolle für Laienhelfer, sowie die Vereinheitlichung und damit die Vereinfachung des 15:2-Schemas für nicht intubierte Patienten (Kill 2002).

2.1 „Alles neu“ - Die ERC-Guidelines 2005

Am 28. November 2005 wurden die Leitlinien zur kardiopulmonalen Reanimation novelliert (ERC 2005). Die Veröffentlichung erfolgte zeitgleich in Europa und den USA. Sowohl für die Wiederbelebung durch professionelle Helfer als auch durch medizinische Laien gab es

grundlegende Änderungen in den Richtlinien, insbesondere um die Überlebenschance vieler Menschen mit Herzkreislaufstillstand durch effektivere Maßnahmen zu verbessern (ILCOR 2005). Wurde das Hauptaugenmerk im Jahr 2000 durch das ERC noch auf die elektrische und medikamentöse Therapie gelegt, so lag der Fokus bei den neuen Leitlinien auf den Basismaßnahmen, v.a. der Thoraxkompression zur Sicherung eines suffizienten Blutflusses. Die Basismaßnahmen (BLS) beschreiben dabei die grundlegenden Handlungen bei einer Wiederbelebung: Erstuntersuchung der betroffenen Person inklusive Anschauen, Ansprechen und Anfassen, Offenhalten der Atemwege und eventuelle Atemspende sowie Kompression des Brustkorbes (Bundesärztekammer 2000). Generell sind die gesamten Basismaßnahmen der Herz-Lungen-Wiederbelebung Klasse-I-Empfehlungen der AHA.

Schon Kouwenhoven propagierte 1960 "Alles was man braucht, sind zwei Hände" und hob mit dieser Aussage die Relevanz der Thoraxkompression im Rahmen der Herz-Lungen-Wiederbelebung hervor. Auch heute noch spiegelt seine Botschaft den grundlegendsten Inhalt der aktuellen Empfehlungen der internationalen Leitlinien wider. Die über die Jahre mehr und mehr ins Abseits geratene Herzdruckmassage trat bei der Aktualisierung der Richtlinien wieder mehr in den Vordergrund. Beim initialen Kammerflimmern, der vermutlich häufigsten Form des Herzstillstandes beim Erwachsenen, ist die kontinuierliche Herzdruckmassage besonders wichtig, denn das Problem ist nicht der Sauerstoffmangel, sondern die fehlende Pumpfunktion des Herzens (Hallstrom et al. 2000, Kern et al 2002). Beim Sistieren des Blutflusses im Rahmen eines kardial bedingten Kreislaufstillstandes bleibt eine Sauerstoffsättigung von rund 70% über die ersten 10 Minuten erhalten, da der Sauerstoff aufgrund des fehlenden Blutflusses nicht ausgeschöpft werden kann.

Die Methode der Wahl ist die geschlossene Herzdruckmassage, auch wenn eine höhere Effizienz der offenen Thoraxkompression erwiesen ist (Larsen 2009). Der Vorteil einer Wiederbelebung am geöffneten Brustkorb wäre aufgrund des fehlenden Widerstandes des selbigen eine effektivere Herzmassage und als Folge ein höheres resultierendes Herzzeitvolumen und folglich eine verbesserte Perfusion von lebenswichtigen Organen wie Gehirn und Myokard (Brambrink 2006). Diese Maßnahme ist allerdings äußerst traumatisch und nur in besonderen Fällen im Operationssaal möglich. Demgegenüber beträgt der Blutfluss bei der rhythmischen Annäherung des Sternums an die Wirbelsäule während der extrathorakalen Kompression nur etwa 10-40% des physiologischen Herzzeitvolumens und es genügt eine minimale Ventilation, um ein adäquates Ventilations-Perfusions-Verhältnis zu gewährleisten. Mit der externen Herzdruckmassage sind

systolische Spitzenblutdrücke von 40 - 80 mmHg zu erreichen, im Gegensatz dazu bleibt der diastolische Blutdruck niedrig. Daher ist es von entscheidender Bedeutung, die Thoraxkompressionen gemäß den internationalen Richtlinien durchzuführen, um den irreversiblen Zelltod und damit verbundene Hirnschäden zu vermeiden. Die Kompressionsrate sollte bei 100 pro Minute oder höher liegen damit ein adäquater Blutfluss ermöglicht wird, denn schon eine Frequenz von unter 96/min geht mit einem schlechteren Outcome einher (Klingenheben 2005).

Der physiologisch der Herzdruckmassage zugrundeliegende Mechanismus beruht aus heutiger Sicht auf der Kombination zweier Theorien. Auf der einen Seite ist es das Pumpenmodell, bei dem das Blut infolge der Komprimierung des Herzens ausgepresst wird. Auf der anderen Seite belegen Studien, dass das Herz, begründet durch die Klappen, eher passiv eine Ventilfunktion besitzt. Hier wird während der Entlastungsphase bei sinkendem intrathorakalem Druck und sich dilatierenden Gefäßen das Blut angesogen und während der nächsten Kompression ausgeworfen. Der Rückfluss wird durch die Herz- bzw. Venenklappen der Extremitäten verhindert. Eine Kombination beider Mechanismen findet sich in jeweils unterschiedlicher Ausprägung bei allen Menschen.

Ein weiteres Ziel der Thoraxkompressionen ist die ausreichende Durchblutung des Myokards, da ohne ausreichenden diastolischen koronaren Perfusionsdruck eine Wiederherstellung einer spontanen Herzaktion nicht möglich ist. Dabei ist unter der Reanimation der koronare Perfusionsdruck als Differenz aus enddiastolischem Druck in der Aortenwurzel und enddiastolischem Druck im rechten Atrium definiert. Als notwendig wird ein minimaler Perfusionsdruck von 20 mmHg angesehen. Zur Gewährleistung eines optimalen enddiastolischen Druckes ist gemäß den Leitlinien von 2005 ein Verhältnis von Kompression und Entlastung von 50:50 anzustreben. Ein adäquater Perfusionsdruck ist essentielle Voraussetzung für die Wiederherstellung einer spontanen Herzaktivität und damit letztendlich für die Überlebenswahrscheinlichkeit des Patienten.

Ein schwerwiegendes Problem bei der Behandlung von Patienten mit Herzkreislaufversagen stellt der Untergang von Nerven- bzw. Hirngewebe (Ischämiezeit ca. 8 Minuten) dar. Um irreversible Schäden zu verhindern bzw. zu minimieren, ist es erforderlich, einen entsprechenden Perfusionsdruck im Hirnparenchym zu erzielen. Dies ist deshalb bedeutsam, weil der aortale systolische Spitzendruck während der Reanimation niedrig und damit der Blutfluss über die Arteria carotis minimiert ist. Folglich ist selbst bei optimaler Herzdruckmassage die Hirnperfusion immer vermindert (Larsen 2006), jedoch gerade ausreichend, um Gewebenekrosen bzw. den Zelltod zu verhindern.

Neben der Sauerstoffversorgung der Organe während der Thoraxkompression ist auch der Abtransport der Stoffwechselendprodukte aus der Peripherie essentiell. Hier ist im Rahmen der Reanimation ein steigender endexpiratorischer Kohlendioxidpartialdruck ein Zeichen für eine angemessene Perfusion, denn Kohlenstoffdioxid kann nur abgeatmet werden, wenn es basierend auf einem suffizienten Körperkreislauf und daraus resultierendem adäquaten venösen Rückstrom zum Herzen über die pulmonalen Gefäße zu den Alveolen gelangt.

Ein weiterer Fakt, weshalb den Thoraxkompressionen ein höherer Stellenwert eingeräumt wird, basiert auf Ergebnissen von Studien in denen auch professionelle Helfer den Schwerpunkt ihrer Wiederbelebungsmaßnahmen auf die Beatmung legten, was zu Hyperventilation führte. Die Hyperventilation wiederum induziert durch die resultierende Hypokapnie eine koronare und zerebrale Vasokonstriktion mit anschließender Perfusionsminderung dieser lebenswichtigen Stromgebiete (Aufderheide et al. 2004). Schlussfolgernd aus den Ausführungen zur Bedeutung der Thoraxkompression lässt sich feststellen, dass der Aufbau der Zirkulation (Blutfluss) höchste Priorität besitzt.

Änderungen in den neuen Leitlinien betrafen aber nicht nur die Herzdruckmassage, sondern auch die zweite große Säule der Herz-Lungen-Wiederbelebung, die Beatmung. Diese ist nach gegenwärtigen Erkenntnissen erst nach länger anhaltender Reanimationsphase bzw. beim Herzkreislaufstillstand asphyktischer Genese, zum Beispiel beim Säugling und Kleinkind oder beim Erhängen oder Ertrinken, relevant (Böttiger et al. 2006). Initial kann auf die Beatmungen sogar gänzlich verzichtet werden, wenn dadurch die Herzdruckmassage beeinträchtigt würde. Das Ziel der Beatmung ist, eine mögliche Anoxie der Organe zu beheben, denn das Schicksal des gesamten Organismus hängt von der Sauerstoffzufuhr seiner lebenswichtigen Organe ab. Die Sauerstoffempfindlichkeit bestimmt die Überlebenszeit der jeweiligen Organe. Hier hat das Gehirn, speziell die graue Substanz des Großhirns mit seinen regulativen Zentren und seiner hohen metabolischen Aktivität, die geringste Toleranzschwelle. Schon nach kürzester Zeit (ca. 8 min) ohne Behandlung der Anoxie verstreicht die Wiederbelebungszeit der Zellen und es kommt zum irreversiblen Funktionsverlust, gefolgt vom Absterben der Zellen (Klinke et al. 2005).

In den Leitlinien von 2000 wurde die Beatmung im Rahmen der Standardmaßnahmen überbewertet: je mehr Unterbrechungen auf Kosten der Herzdruckmassage sich summierten, desto mehr verschlechterte sich der Blutfluss und die periphere Sauerstoff-

unterversorgung. Der Nutzen der Beatmung wurde aufgrund der schlechteren Sauerstofftransportbedingungen im Körper egalisiert (Babbs et al. 2002). Folglich war die Hälfte der Beatmungen unnötig, denn ein Überangebot an Sauerstoff erzielt keinen Vorteil, wenn dieser durch zu oft und zu lange unterbrochene Herzdruckmassagen und daraus resultierender Minderperfusion u.a. der Lunge nicht in die lebenswichtigen Organe und die Peripherie gelangt.

Zur Gewährleistung einer adäquaten Ventilation und Oxygenierung ist die Beutel-Masken-Beatmung für das medizinische Fachpersonal das Verfahren der ersten Wahl bis zur definitiven Atemwegssicherung im Rahmen des ALS. Ein Problem, das sich durch diese Beatmungsmethode ergibt, ist die mögliche Magenbeatmung durch die Erschlaffung des Ösophagussphinkters bei bewusstlosen Personen. Daraus resultiert die Gefahr der Regurgitation und Aspiration von Mageninhalt. Folge ist neben der Ausbildung eines „Mendelson-Syndroms“, das eine Lungenentzündung aufgrund der Aspiration beschreibt, eine alveoläre Minderbelüftung (Larsen 2009). Zur Vermeidung dieser Komplikationen bei der Beatmung mit Beutel und Maske wurde das Atemzugvolumen auf sechs bis sieben Milliliter je Kilogramm Körpergewicht herabgesetzt. Im Zusammenhang mit der Beutel-Masken-Beatmung belegt eine Studie, dass Training und Erfahrung bei der Anwendung entscheidend sind, gerade auch, um Komplikationen wie Regurgitation und Aspiration zu vermeiden und die Effektivität sicherzustellen (von Goedecke et al. 2006). Bei der Beatmung von Erwachsenen während der Herz-Lungen-Wiederbelebung ist für eine effektive Oxygenierung und Ventilation ein Beatmungstidalvolumen von sechs bis sieben ml/kgKG empfehlenswert (Koster et al. 2010). Als ausreichend wird die Menge an Volumen angesehen, bei der sich der Thorax deutlich sichtbar hebt. Ein zu hohes Tidalvolumen ist einerseits unnötig, da zum einen beim Kreislaufstillstand der pulmonale Blutfluss reduziert ist und zum anderen zu viel Zeit zu Ungunsten der Herzdruckmassage verloren geht. Andererseits ist das erhöhte Beatmungsvolumen sogar schädlich, weil sich als Folge der venöse Rückstrom zum Herzen durch den ansteigenden intrathorakalen Druck verringert und daraus resultierend das Herzzeitvolumen ebenfalls abfällt. Dieser dramatische Verlauf ist mit einer prognostisch schlechteren Überlebenswahrscheinlichkeit assoziiert (Aufderheide et al. 2004, Dorph et al. 2004, Idris et al. 1999).

Eine der wohl drastischsten Änderungen in den Guidelines 2005 war die Erhöhung des Verhältnisses von Herzdruckmassage zu Beatmung von den bis dato gültigen 15 : 2 auf 30 : 2. Hintergrund für die Veränderung der Kompressionsfrequenz waren u.a. Studien, die

im Ergebnis zeigten, dass selbst trainierte Helfer nur ca. 50% der Zeit bei Wiederbelebungen für die Thoraxkompression nutzten (Abella et al. 2005, Wik et al. 2005). Aber gerade eine ohne Unterbrechung durchgeführte und qualitativ hochwertige Herzdruckmassage wurde als starker Einflussfaktor für das Überleben identifiziert. Das physiologische Verhältnis von Herz- und Atemfrequenz von 75 : 10 ($\rightarrow 7,5 : 1 \rightarrow 15 : 2$), das dem Reanimationszyklus von 15 : 2 entsprach (Cummins 2000), war für die lebensbedrohliche Situation des Kreislaufstillstandes nicht praktikabel. Nur ca. ein Prozent der Patienten profitierten von den 15 Thoraxkompressionen kombiniert mit zwei Beatmungen, aber auch nur dann, wenn beide Komplexe optimal durchgeführt wurden (Babbs et al. 2002). Schon bei der Aufstellung der Leitlinien 2000 erfolgte eine Einigung dahingehend, das Verhältnis von 15 Herzdruckmassagen und zwei Beatmungen anzuwenden, obwohl die Datenlage dafür keine sichere Evidenz belegte (Guidelines 2000). In den Folgejahren gab es zahlreiche Studien mit dem Ziel ein effektives Verhältnis von Herzdruckmassage und Beatmung zu identifizieren und anschließend in den Handlungsempfehlungen zu etablieren. Es gab auch Versuche mit ausschließlicher Herzdruckmassage und dem Verhältnis von 50 Thoraxkompressionen mit zwei Beatmungen (Chamberlain et al. 2001). Letztendlich wurde der Rhythmus von 30 : 2 als am effektivsten und praktikabelsten identifiziert und festgelegt. In der praktischen Anwendung bedeutet dieser Rhythmus, dass die Beatmung frühestens nach den ersten 30 Thoraxkompressionen durchzuführen ist. Dieser Rhythmus soll der Kontinuität des Blutflusses zugute kommen.

Der Hintergrund von Thoraxkompression und Ventilation ist die Initiierung und Aufrechterhaltung des Blutflusses und die Oxygenierung der Gewebe, um das Überleben des Patienten zu sichern, da ein Stillstand der Zirkulation unweigerlich innerhalb von Sekunden zum Funktionsverlust lebenswichtiger Organe führt (Brambrink 2006). Kommt es zu einer Unterbrechung der Herzmassage, zum Beispiel durch zu lang dauernde Beatmungsbemühungen, fallen sowohl der systolische Aortendruck und daraus resultierend auch die Durchblutung von Myokard und Gehirn bereits nach vier Sekunden steil ab (Berg et al. 2001). Um erneut die optimalen Werte zu erzielen bedarf es im Mittel wieder drei bis sieben Thoraxkompressionen (Berg et al. 2001, Kern et al. 2002, Nolan 2005). Daraus wurde geschlussfolgert, dass bei 15 Thoraxkompressionen bei nur etwa der Hälfte ein ausreichender Blutfluss vorlag (Ewy 2000, Valenzuela et al. 2005).

Die neuen Richtlinien empfahlen, dass die Unterbrechung der Herzdruckmassage, die sogenannte "Hands-Off-Time", so gering wie möglich zu halten ist (Abella et al. 2005, Wik et al. 2005). Diese Zeit zwischen zwei Zyklen Herzdruckmassage war mit maximal fünf

Sekunden angesetzt und beinhaltete nicht nur die Beatmung an sich, sondern auch den zeitraubenden Positionswechsel vom Thorax zum Kopf, das Anheben des Kinns, das Überstrecken des Kopfes, das Beatmen und die Wiederaufnahme der richtigen Position zur Thoraxkompression. In diversen Studien lag die „Hands-Off-Time“ im Mittel bei 16 Sekunden (Assar et al. 2000, Chamberlain et al. 2001). Diese Zeitspanne bezogen auf die Zeit von 9 Sekunden für 15 Thoraxkompressionen gemäß der Richtlinien für Wiederbelebung von 2000 ergab, dass effektiv nur 36% der Zeit für die Thoraxkompression genutzt wurde. Erschwerend kam eine zu geringe Insufflation hinzu. Die Implementierung des neuen Reanimationsrhythmus von 30 Herzdruckmassagen zu zwei Beatmungen führte nicht nur zu einer Vereinfachung des Reanimationszykluses, sondern vor allem zu einer Minimierung der Unterbrechungen der Herzdruckmassage und der damit einhergehenden Erhöhung der Perfusionsdauer der Koronarien. In diesem Zusammenhang ist erwähnenswert, dass sich die Überlebensrate zwischen Patienten, die nur mittels Herzdruckmassage, und denen, die mit Herzdruckmassage und Beatmung wiederbelebt wurden, nur unwesentlich unterschied (Hallstrom et al. 2000). Daher gelten die Thoraxkompressionen auch bei professionellen Helfern als wichtigster Bestandteil der Reanimation, in den ersten sechs Minuten auch mit einem Verzicht auf die Beatmung (Bobrow et al. 2008).

Untersuchungen ergaben, dass bereits nach drei Minuten, infolge von Erschöpfung und mangelnder Konzentration der Ersthelfer, weniger als die Hälfte der Kompressionen adäquat umgesetzt werden. AHA und ERC empfehlen daher zusätzlich alle zwei Minuten einen Helferwechsel, also nach fünf Zyklen 30 : 2. Auch hierbei sollte eine Unterbrechung der Thoraxkompressionen möglichst vermieden werden.

Die Dauer zwischen Eintritt des Kreislaufstillstandes bis zum Beginn der kardiopulmonalen Reanimation steht im engen Zusammenhang mit der Überlebenswahrscheinlichkeit und der Einjahresüberlebensrate (Wik et al. 2003, Herlitz et al. 2005). Ein weiterer wichtiger Aspekt der neuen Richtlinien von 2005 war daher der schnellst mögliche Beginn der Basismaßnahmen.

Weitere Änderungen im Rahmen des Basic Life Support betrafen die Diagnostik des Herzkreislaufstillstandes. Gerade hier kam es zu einer Vereinfachung: die Pulskontrolle fiel generell weg, da beim Tasten des Pulses eine Fehlerquote von 35% festgestellt wurde und zudem wertvolle Zeit verloren ging. Auf die Durchführung von Initialbeatmungen wurde gänzlich verzichtet.

3 Guidelines 2010

Mit den Änderungen in den ERC-Guidelines 2010 wurde ebenfalls das Ziel verfolgt, die Herz-Lungen-Wiederbelebung zu optimieren und damit das Outcome des Patienten zu verbessern. In Vorbereitung auf die Erneuerung der Guidelines wurden insgesamt 277 Themen aus der Reanimatologie von unabhängigen Experten auf neue wissenschaftliche Erkenntnisse hin untersucht und entsprechend klassifiziert. Die bestehenden Empfehlungen wurden an die relevanten Neuerungen adaptiert.

Generell sollen nun alle Helfer, egal ob in Maßnahmen des Basic Life Support geschult oder nicht, zumindest die Herzdruckmassage bei Patienten mit Herzkreislaufstillstand durchführen. Der Thoraxkompression kommt somit eine noch größere Bedeutung zu. Hierbei ist besonders zu betonen, dass nicht nur Drucktiefe und -frequenz Einfluss auf die Effektivität der Herzmassage haben, sondern auch das Verhältnis zwischen Kompressions- und Dekompressionsdauer, der sogenannte Arbeitszyklus. Diese Faktoren sind im Hinblick auf eine adäquate Perfusion der lebenswichtigen Organe genauso entscheidend wie die vollständige Entlastung des Thorax (Koster et al. 2010). Eine Drucktiefe von mindestens 5 cm zusammen mit einer Kompressionsrate von mindestens 100/min steigert die Effektivität der Thoraxkompression (Deakin et al 2010). Die Qualität der Herzdruckmassage wird dadurch hochwertiger und es kommt durch einen adäquat aufgebauten Minimalkreislauf zu einer höheren Überlebenschance (Christenson et al. 2009, Edelson et al. 2006). Allein eine unzureichende Perfusion infolge minderwertiger Herzdruckmassage führt über die bestehende Hypoxie und Hyperkapnie mit erhöhter Wahrscheinlichkeit zu einem Fortbestehen des Kreislaufstillstandes und der Ausbildung sekundärer Hirnschäden. Bei den Beatmungen an sich gab es keine relevanten Änderungen zu den Richtlinien von 2005.

Des Weiteren wurde eine Nutzung von Feedbackgeräten nicht nur durch Laienhelfer, sondern auch durch medizinisches Fachpersonal als sinnvoll erachtet. Diese Geräte geben dem Anwender Rückmeldung über die Effektivität der Herzdruckmassage bzw. unterstützen bei der Einhaltung der Kompressionsrate. Die während der Reanimation durch das Gerät gespeicherten Daten können zusätzlich anschließend zur Qualitätssicherung verwendet werden (Nolan et al. 2010). Hierfür sind selbst einfache Geräte mit Tickerfunktion und sprachgestütztem Metronom ausreichend, um die manuelle Thoraxkompression und die Beatmung korrekt auszuführen und so die Effektivität der CPR zu

steigern (Kern et al. 2010). Außerdem sollen die Bestrebungen, die Stillstandzeit des Kreislaufs, also die Zeit ohne Herzdruckmassage, zu verkürzen, weiterhin forciert werden, denn nur dadurch ist eine normale Hirnperfusion zu gewährleisten (ERC 2010).

3.1 Wissensüberprüfung

Bereits im Jahre 2000 wurde in einer Studie zu CPR-Fertigkeiten von Krankenschwestern in Finnland und Ungarn festgestellt, dass das theoretische Wissen der teilnehmenden Probanden nach einem Zeitraum von sechs Monaten nach einem BLS-Kurs unzureichend war (Nyman et al. 2000). Hieraus gingen Empfehlungen zu in regelmäßigen Abständen stattfindenden Follow-Up-Kursen hervor, nach denen im Anschluss an den Kurs Fragebögen an die Teilnehmer ausgegeben werden sollten, um die Kenntnisse der theoretischen Grundlagen der Reanimation im zeitlichen Verlauf zu erfassen.

Nach den Empfehlungen des ERC in den Leitlinien 2005 sollte den Teilnehmern zur Überprüfung der theoretischen Kenntnisse der neuen Richtlinien zur kardiopulmonalen Reanimation im Anschluss an einen BLS-Grundkurs ein Fragebogen zur Beantwortung vorgelegt werden. Inhaltlich sollten sich die Fragen auf den neuen Reanimationsrhythmus von 30 Thoraxkompressionen und 2 Beatmungen, das Weglassen von Initialbeatmung und Pulskontrolle, Maßnahmen zum Offenhalten der Atemwege sowie zur Beendigung einer Reanimation beziehen. Ein wesentlicher Aspekt bei der Wissenskontrolle bestand bei den Wahlantworten des Multiple-Choice-Verfahrens im Vorhandensein einer (falschen) Antwortmöglichkeit, die den Empfehlungen der vergangenen Richtlinien entsprach. Folglich wollte man analysieren, ob der Kursteilnehmer die Neuerungen der Leitlinien im Unterrichtsgeschehen verstanden hatte und in der Lage war diese beim zeitnahen schriftlichen Leistungsnachweis entsprechend umzusetzen.

4 Material und Methoden

4.1 Ethikvotum

Das Studienprotokoll wurde der unabhängigen Ethikkommission der Ärztekammer Rostock am 16.07.2008 zur Begutachtung angezeigt. Es bestand aus berufsrechtlicher und ethischer Sicht für keinen Teilbereich des eingereichten Antrags (A 42 - 2008) eine Pflicht zur Beratung.

4.2 Studiendesign

Die Durchführung der vorliegenden monozentrischen Longitudinalstudie erfolgte prospektiv mit kontrolliert randomisierten Nachuntersuchungsgruppen. Die Untersuchung wurde doppelblind durchgeführt, d.h. es war der jeweilige Leiter des BLS-Kurses verblindet, sowie auch die jeweiligen Teilnehmer sowohl hinsichtlich der Zugehörigkeit zu den Nachuntersuchungsgruppen, als auch zum Studienfokus.

4.3 Studienziel



Das Ziel der vorliegenden prospektiven monozentrischen Longitudinalstudie war es, Standards zur Qualitätssicherung im Rahmen der Basic Life Support-Ausbildung zu implementieren, um zukünftig einen optimalen Wirkungsgrad der kardiopulmonalen Reanimation in der Universitätsmedizin Rostock zu gewährleisten und damit die Überlebensrate der Patienten mit innerklinischem Herzkreislaufstillstand zu verbessern. Dieser Zielstellung entsprechend galt es herauszufinden, in welchen Bereichen der kardiopulmonalen Reanimation es im Zuge des Basic Life Support Defizite gibt. Darüber hinaus sollte die optimale Zeitspanne zwischen zwei BLS-Schulungen ermittelt werden. Dabei war das Augenmerk in den BLS-Lehrgängen nicht nur auf die Schulung der praktischen Fertigkeiten zu legen, sondern auch auf die Festigung und Anpassung des theoretischen Kenntnisstandes des medizinischen Fachpersonals zu der Herz-Lungen-Wiederbelebung entsprechend den aktuellen Richtlinien. Die Standardisierung der Handlungsabläufe in Form von evidenzbasierten Algorithmen sowie das gleichzeitige Erlernen und turnusmäßige Trainieren dieser Abläufe bezweckte Schwachpunkte aufzudecken und gezielt die Wirksamkeit der Maßnahmen zu verbessern.

Ein weiteres wesentliches Ziel war es den verkürzten Reform-Kurs an der Universitätsmedizin Rostock zu evaluieren. Die regelmäßigen Fort- bzw. Weiterbildungen in den

Basismaßnahmen der Reanimation sind insbesondere für das Pflegepersonal essentiell, da dieses in der Regel zuerst am Notfallort eintrifft und einige Zeit vergeht, bis das komplette Reanimationsteam hinzukommt (Gombotz et al. 2006). Die wesentlich besseren materiellen und personellen Voraussetzungen in einem Krankenhaus sollten es ermöglichen, die Basismaßnahmen im Vergleich zur präklinischen Laienreanimation qualitativ hochwertiger auszuführen. Das Klinikpersonal kann unter anderem auf Equipment wie den Beatmungsbeutel zurückgreifen und so die Zeit bis zum Eintreffen des innerklinischen Notfallteams optimal überbrücken.

4.4 Probandenauswahl und -registrierung

Alle Probanden der Kurse dieser Studie waren Angestellte der Universitätsmedizin Rostock. Sie waren Teilnehmer an einem der für Klinikmitarbeiter regelmäßig stattfindenden BLS-Kurse gemäß ERC-Leitlinien, durchgeführt von der Rostocker Simulationsanlage für Notfallausbildung (RoSaNa) der Klinik für Anästhesiologie und Intensivtherapie (KAI). Vor Kursbeginn wurden die Teilnehmer über das Ziel, die Methoden und die damit verbundenen Kontrolluntersuchungen (vier Nachuntersuchungsgruppen 6, 12, 18 und 24 Monate nach Absolvierung des BLS-Grundkurses), sowie über die entsprechenden Registrierungs- und Auswertungsverfahren der Studie aufgeklärt. Sofern die Probanden ihr Einverständnis zur aktiven Unterstützung der Studie gaben, wurden sie registriert und einer fortlaufenden Nummer, analog zur Reihenfolge der chronologischen Kursteilnahme, zugewiesen. Die Registrierung erfolgte mit Hilfe eines u.a. für BLS-Kurse der RoSaNa erstellten Standardbogens. Diese Teilnehmerliste (Abb. 1) wurde in Zusammenarbeit mit der EDV-Abteilung der KAI und unter Zuhilfenahme von medizinischer Dokumentationssoftware (Fa. MEDLINQ®-Softwaresysteme GmbH, Hamburg) erstellt. Auf diese Weise konnten alle Bögen zentral mittels Fujitsu®-Scanner Fi-6130 (Fa. Fujitsu®, Tokio, Japan) eingelesen und elektronisch abgespeichert werden. Die Teilnehmerlisten sind zudem für weitere Kurse uneingeschränkt nutzbar und dienen der Feststellung der Ausbildungsdichte.


Universitätsklinikum Rostock
 Klinik und Poliklinik für Anästhesiologie
 Schillingallee 35 * 18055 Rostock
 

Kursart: **Kurs-Nr.:** **Ausbilder:**
Datum: **Uhrzeit:** - **Kursort:**

Lfd.Nr.	PK	Name	Vorname	Station	Funktion	Unterschrift
1	<input type="text"/>					
2	<input type="text"/>					
3	<input type="text"/>					
4	<input type="text"/>					
5	<input type="text"/>					
6	<input type="text"/>					
7	<input type="text"/>					
8	<input type="text"/>					
9	<input type="text"/>					
10	<input type="text"/>					
11	<input type="text"/>					
12	<input type="text"/>					
13	<input type="text"/>					
14	<input type="text"/>					
15	<input type="text"/>					
16	<input type="text"/>					

Abb.: 1 Teilnehmerliste u.a.für die Registrierung der Probanden der Studie.

Einschlusskriterien:

- Angestellter des Universitätsklinikums Rostock
- Körperliche Eignung zur Durchführung von 2 min BLS in Ein-Helfer-Methode
- Sprachliche Kenntnisse in Wort und Schrift zur vollständigen und selbstständigen Beantwortung der Fragebögen
- Zustimmung zur Studienteilnahme

Ausschlusskriterien:

- Kein Angestellter des Universitätsklinikums Rostock
- Aktuelle körperliche Gebrechen, die ein Absolvieren von 2 min BLS verhindern
- Sprachbarrieren bei der eigenständigen Beantwortung der Fragebögen
- Ausbilder in BLS und anderen gleich- oder höherwertigen Kursen
- Notfall- oder Rettungsmediziner
- Ablehnung der Studienteilnahme

Die Randomisierung der Zugehörigkeit zu den vier Nachuntersuchungsgruppen wurde gemäß Losverfahren realisiert. Die Probanden konnten nur maximal einer Nachuntersuchungsgruppe zugeordnet werden.

4.5 Studienablauf

Der zeitliche Ablauf der Longitudinalstudie ist in Abb. 2 dargestellt.

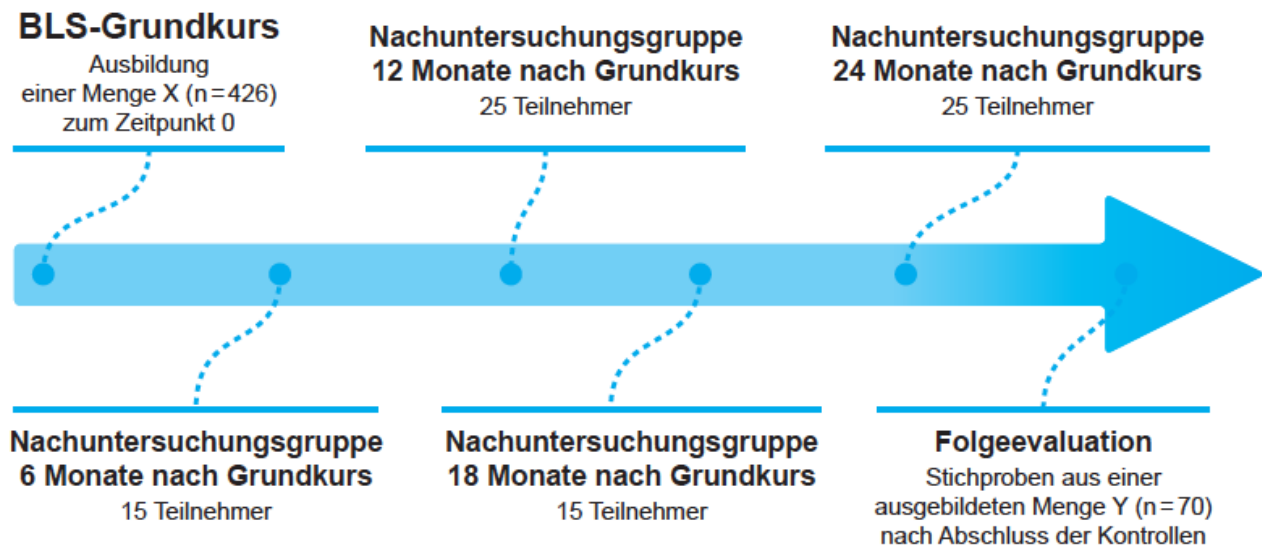


Abb.: 2 Zeitlicher Verlauf der Studie; aus der Menge X, der im BLS-Grundkurs ausgebildeten Teilnehmer erfolgt die randomisierte Extraktion der Teilnehmer für die Nachuntersuchungsgruppen (Losverfahren); nur einmalige Zuweisung zu einer Nachuntersuchungsgruppe; Stichproben von Ergebnissen aus reformiertem BLS-Kurs (Folgeevaluation) zur Gegenüberstellung mit den Ergebnissen aus dem BLS-Grundkurs nach Z (n=4) Jahren nach Absolvierung des reformierten BLS-Kurses mit regelmäßigem Besuch der jährlich stattfindenden Auffrischungslehrgänge.

4.5.1 BLS-Grundkurs

Im BLS-Grundkurs wurden alle Kursteilnehmer sowohl in der Theorie geschult als auch in Praxis der Reanimation unterwiesen. Die Schulung erfolgte in kleinen Gruppen von maximal 16 Teilnehmern, die Kursdauer betrug zwei Unterrichtseinheiten aufgeteilt in einen Theorieblock von 30 Minuten Dauer und einen Praxisblock mit 60 Minuten Dauer. Der Ablauf des BLS-Grundkurses ist in der Abb. 3 dargestellt. Theoretische Grundlage waren die ERC-Guidelines von 2005. Für die Praxis-Blöcke wurden die beiden Reanimationspuppen Ambu® Man mit dazugehöriger Ambu® CPR Software Version 2.3, sowie zwei Beatmungsbeutel mit passenden transparenten Klarsichtmasken (Mark III, Größe 05, Fa. Ambu® GmbH, Bad Nauheim) verwendet (Abb. 4).

Ablauf BLS-Grundkurs			
Abschnitt	Dauer (min)	Inhalte	Ziel
Theorie-Block	30 min	Kursvorstellung, Ausgabe der Kursliste, Grundlagen der Reanimation, Erkennen eines Herz-Kreislaufstillstandes, Basismaßnahmen, Algorithmus Cardiopulmonale Reanimation, Einweisung in den AED, Beantwortung der wichtigsten Fragen	Der TN kennt den Kursablauf, trägt sich in die Kursliste ein und erklärt sich mit der Teilnahme an den Folgekursen (Follow-Ups) einverstanden. Der TN kennt die Grundlagen und Hintergründe der Reanimation, kennt die Zeichen für einen Herz-Kreislaufstillstand, ist informiert über die Basismaßnahmen und kann den Algorithmus der CPR nachvollziehen
Praxis-Block	60 min	Demonstration BLS-Algorithmus am AMBU-Reanimations-Phantom und anschließendes Üben der praktischen Fertigkeiten unter Anleitung; Durchführung von 2 min BLS in Ein-Helfer-Methode durch jeden Kursteilnehmer und anschließende Speicherung und Auswertung; zusätzlich 2 Durchgänge 2 min BLS in Zwei-Helfer-Methode mit jeweils wechselnder Position	Der TN beherrscht den Algorithmus des Basic Life Support und kann ihn praktisch anwenden; Selbstständige Durchführung von 2 min BLS durch die TN gemäß ERC-Guidelines 2010 in Ein- und Zwei-Helfer-Methode
Fragen-Block im Anschluss an den Kurs		Beantwortung von 5 Multiple-Choice Fragen und anschließende Auswertung	Selbstständige Beantwortung der Fragebögen durch jeden TN
	90min		

Abb.: 3 Ablauf des BLS-Grundkurses, gegliedert in zeitliche Abfolge mit dem jeweiligen Inhalt, sowie dem angestrebten Ziel für die Teilnehmer entsprechend dem Kurskomplex; Kursinhalte modifiziert für Studienablauf mit Theorieprüfung im Anschluss an den Kurs.



Abb.: 4 Aufsetzen der Maske und Fixierung mittels C-Griff; Verwendung fanden jeweils 2 Reanimationspuppen Ambu® Man, sowie 2 Beatmungsbeutel Mark III mit passenden transparenten Klarsichtmasken der Größe 05.

Nach einer anwendungsbezogenen Demonstration des BLS-Algorithmus und des Trainings relevanter Fertigkeiten wie z.B. der korrekt durchgeführten Beutel-Masken-Beatmung, wurden die zuvor im Kurs erworbenen praktischen Fähigkeiten überprüft. Dazu führte jeder Teilnehmer selbstständig einen zweiminütigen BLS-Algorithmus in der Ein-Helfer-Methode durch, wie in Abb. 5 als Ausdruck des Originalprotokolls exemplarisch dargestellt.

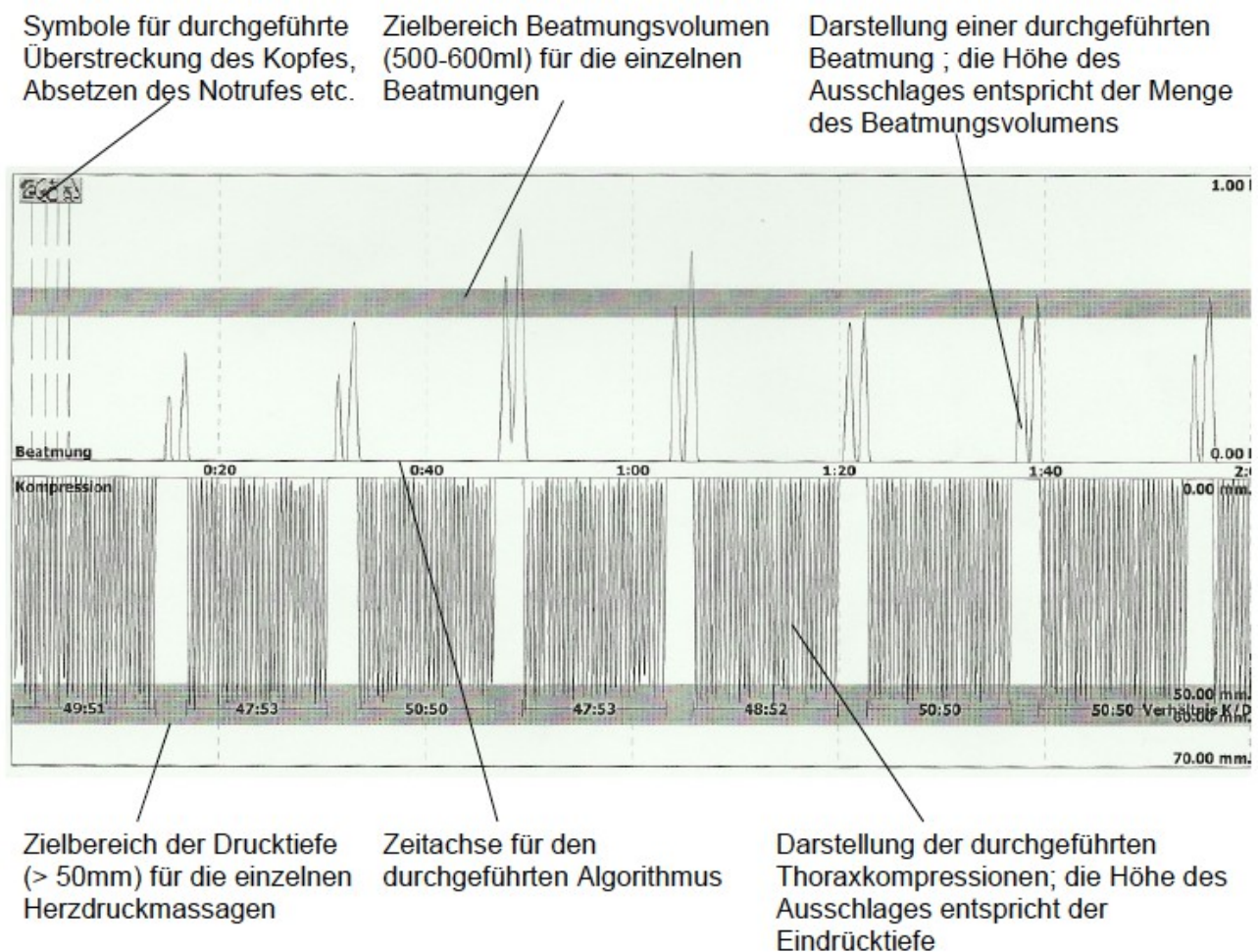


Abb.: 5 Ausdruck des Originalprotokolls des BLS-Algorithmus von 2 Minuten Dauer bei Ein-Helfer-Methode.

Dieser Handlungsablauf beinhaltete zunächst die Kontrolle der sog. "3 A's" Anschauen - Ansprechen - Anfassen/Schütteln. Bei fehlender Reaktion auf diese Reize musste zunächst nach weiterer Hilfe gerufen werden. Im Anschluss daran sollte der Kopf überstreckt und die Atmung durch Sehen, Hören und Fühlen kontrolliert werden. Wurde jetzt zusätzlich eine fehlende adäquate Atmung festgestellt, musste umgehend der Notruf abgesetzt und schnellstmöglich mit 30 Herzdruckmassagen begonnen werden. Diese

wurden im Anschluss für zwei Minuten im Wechsel mit zwei Beutel-Masken-Beatmungen durchgeführt. Der Studienteilnehmer befand sich dabei am Kopfende des Reanimationsphantoms. Beim Reanimationszyklus lag die Aufmerksamkeit des Kursleiters besonders bei den Kennwerten einer ordnungsgemäßen Herzdruckmassage, sowie nachrangig auf den beatmungsrelevanten Parametern (Abb. 6).

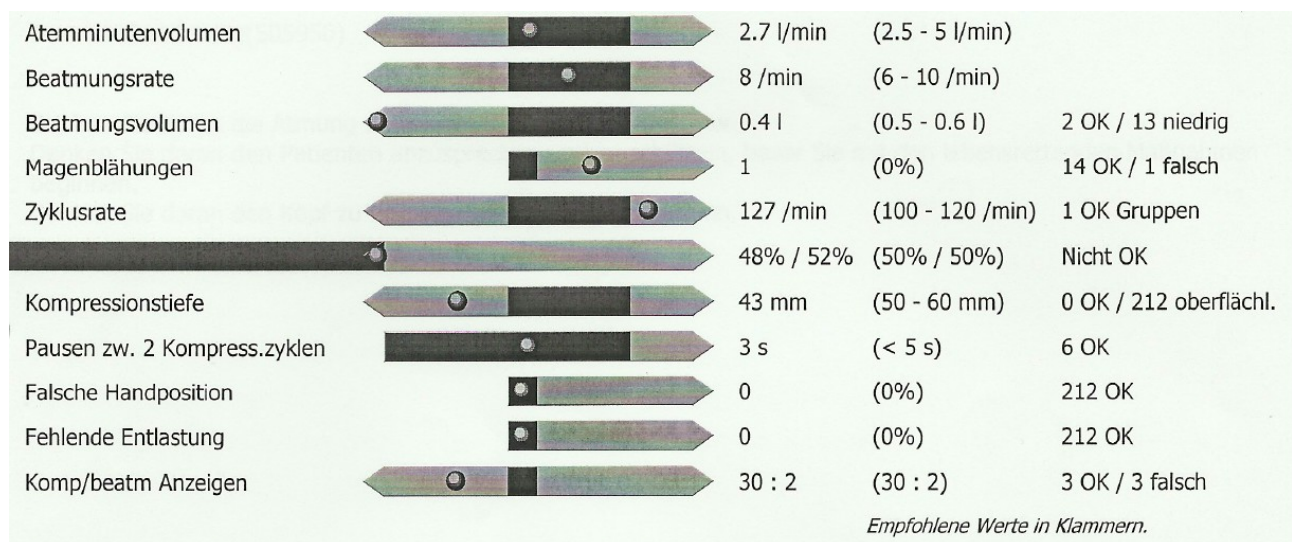


Abb.: 6 Ausdruck der gemessenen Parameter aus der Ambu® CPR Software Version 2.3 zur Auswertung der durchgeführten BLS-Algorithmen; hier beispielhafter Auszug aus einem Auswertungsbogen eines Studienteilnehmers; nicht alle hier aufgeführten Parameter wurden für die Auswertung herangezogen.

Der Focus dieser Betrachtung wurde vor allem auf die Zyklusrate, die Kompressionstiefe, die Dauer der Pausen zwischen zwei Zyklen, sowie eventuell auftretende fehlende Entlastungen des Thorax gerichtet. Im Rahmen der Beutel-Masken-Beatmung wurde die Beatmungsrate und das Beatmungsvolumen ebenso in die Auswertung mit einbezogen wie das erreichte Atemminutenvolumen. Die in diesem Zusammenhang erhobenen Daten wurden zur späteren Auswertung aufgezeichnet und gespeichert. Zur Überprüfung der theoretischen Kenntnisse wurde am Ende des BLS-Trainings von jedem Kursteilnehmer eigenständig ein Fragebogen ausgefüllt.

Durchführung der Herzdruckmassage (gemäß ERC 2005):

- Helfer kniet am Kopfende hinter dem Patienten (Abb. 7)
- Druckpunkt ist die Mitte des Sternums
- Handballen einer Hand auf untere Sternumhälfte aufsetzen und zweite Hand darüber setzen, Finger verschränken (Abb. 7)
- Druckrichtung senkrecht auf das Sternum mit gestreckten Armen
- Eindrücktiefe ≥ 50 mm
- Brustkorb nach jeder Kompression vollständig entlasten
- Kompressionsfrequenz 100/min
- nach 30 Thoraxkompressionen 2 Beatmungen



Abb.: 7 Herzdruckmassage; Druckpunkt untere Sternumhälfte, Hände übereinander und Finger verschränkt, Arme durchgedrückt

Durchführung der Beatmung (gemäß ERC 2005):

- Kopf überstrecken
- Maske über Nase und Mund drücken und mittels "C-Griff" fixieren (Abb. 4)
- den Patienten mit 6-7 ml/kg KG über eine Sekunde beatmen
- ausreichendes Atemzugvolumen erreicht bei sich hebendem Thorax

Zielbereiche der Reanimationsparameter:

- Atemminutenvolumen $\geq 2,5$ l/min
- Beatmungsrate ≥ 6 /min
- Beatmungsvolumen $\geq 0,5$ l per Atemzug
- Kompressionsrate 100 - 120 /min
- Kompressionstiefe ≥ 50 mm
- Pausenzeit zwischen 2 Zyklen < 5 sec
- fehlende Entlastungen 0 %
- Reanimationsrhythmus 30 Herzdruckmassagen : 2 Beatmungen
- Initialbeatmungen 0

4.5.2 Nachuntersuchungsgruppen (NUG)

Das grundlegende Ziel bei Schulungen jeglicher Art besteht darin, dass Probanden bereits während eines Kurses bzw. danach möglichst dauerhaft ihr Verhalten im Sinne der definierten Ziele ändern. Eine Registrierung dieser erwünschten Veränderungen erfordert nicht nur eine unmittelbare Ex-Post-Analyse, sondern macht Kontrollmessungen im Verlauf notwendig.

Zur Überprüfung des Wissenstandes der Kursteilnehmer im zeitlichen Verlauf, hinsichtlich Ablauf des BLS und Fähigkeit zur Durchführung einer adäquaten Herz-Lungen-Wiederbelebung, wurden per Losverfahren aus den Teilnehmern des BLS-Grundkurses Probanden für die vier Nachuntersuchungsgruppen ausgewählt. Jeder Proband einer Nachuntersuchungsgruppe konnte nur zu einer dieser Gruppen zugeordnet werden. Die Kontrollen zum Kenntnisstand der Studienteilnehmer fanden jeweils 6 (NUG 6), 12 (NUG 12), 18 (NUG 18) und 24 (NUG 24) Monate nach dem BLS-Grundkurs statt (Abb. 2).

Nach 6 und 18 Monaten wurde das Können bei jeweils 15 Teilnehmern überprüft. Nach 12 und 24 Monaten betrug die Teilnehmerzahl jeweils 25 pro Gruppe. Keiner der Probanden aus den Nachuntersuchungsgruppen hatte nach dem Grundkurs erneut an einem Reanimationskurs teilgenommen.

Neben den wesentlichen Punkten des BLS-Algorithmus wurde hier besonderes Augenmerk auf überflüssige Handlungen, wie beispielsweise Ausräumen des Mund-/Rachenraumes, Tasten des Pulses, Initialbeatmungen, zu lange dauerndes Aufsuchen des Druckpunktes und Durchführen von nur 15 statt 30 Thoraxkompressionen gelegt. Im Anschluss

an die praktische Untersuchung fand in den Nachuntersuchungen ebenfalls eine theoretische Kontrolle des Wissens mittels Fragebogen statt.

4.5.3 Fragebogen

Der Fragebogen diente der Überprüfung des theoretischen Wissens der Studienteilnehmer, das ihnen im BLS-Grundkurs vermittelt wurde. Am Ende des Grundkurses sowie nach Erreichen des jeweiligen Zeitintervalls (d.h. nach 6, 12, 18 bzw. 24 Monaten) beantwortete jeder Proband selbstständig und ohne Verwendung von Hilfsmitteln den gleichen Fragebogen erneut (Abb. 8). Zur Bearbeitung des Fragenkatalogs wurde eine maximale Zeitdauer von 10 Minuten festgelegt.

Studiennummer:
Datum:
Gruppe:

Frageenteil

- 1) Was sollte bei einer bewusstlosen Person zum Offenhalten der Atemwege getan werden?
 - A) Der Kopf sollte überstreckt und das Kinn angehoben werden.
 - B) Nichts, der Patient darf nicht bewegt werden.
 - C) Der Patient sollte in die Bauchlage verbracht werden.
 - D) Ohne weitere Maßnahmen sollte sofort mit der Reanimation begonnen werden.

- 2) Was sollte beim Tasten des Pulses bei einem reanimationspflichtigen Patienten beachtet werden?
 - A) Der Puls sollte immer am Fuß getastet werden.
 - B) Der Puls sollte mindestens 2 min getastet werden.
 - C) Bei einer Reanimation muss kein Puls getastet werden.
 - D) Der Puls sollte am Oberarm getastet werden.

- 3) Wie viele Anfangsbeatmungen sollten bei einem erwachsenen Patienten im Rahmen einer Reanimation gegeben werden?
 - A) keine
 - B) 3
 - C) 5
 - D) 7

- 4) Welche Antwort zum Reanimationsrhythmus ist richtig?
 - A) Der Rhythmus beträgt 15 : 2.
 - B) Für die Reanimation gibt es keinen vorgeschriebenen Rhythmus.
 - C) Als Einhelfer beträgt der Rhythmus 3 : 1 und bei 2 Helfern 2 : 1.
 - D) Der Rhythmus ist 30 : 2.

- 5) Wann darf man eine Reanimation beenden?
 - A) Wenn jemand besser qualifiziertes die Reanimation übernimmt.
 - B) Nach 30 min.
 - C) Nach 20 min, wenn der Patient älter als 60 Jahre ist.
 - D) Wenn man kein medizinisches Material, wie Notfallkoffer oder Beatmungsbeutel zu Verfügung hat.

Abb.: 8 Fragebogen (hier in verkleinerter Darstellung) zur Kontrolle theoretischer Kenntnisse aus dem BLS-Grundkurs; fünf Multiple-Choice-Fragen, wobei jeweils nur eine Antwort richtig war.

Diese fünf Multiple-Choice-Fragen basieren auf dem im theoretischen Block vermittelten Lehrstoff eines BLS-Kurses gemäß ERC-Guidelines 2005. Der Inhalt der Fragen umfasst einerseits essentielle Abläufe bei der Durchführung einer Herz-Lungen-Wiederbelebung, wie z.B. das Überstrecken des Kopfes zur Überprüfung der Atmung in Frage „1“, und zum Anderen grundlegende Neuerungen der Reanimationsrichtlinien seit 2005 wie das Auslassen der Pulskontrolle und der Initialbeatmungen bei Frage „2“ bzw. „3“ oder der Anwendung des aktualisierten Reanimationsrhythmus von 30 : 2 in Frage „4“. Bei Frage „5“ wurde gefragt, wann eine Reanimation zu beenden sei. Bei jeder der fünf Fragen war jeweils nur eine Antwort als richtig anzukreuzen. Unter den vorgegebenen Antworten war auch eine dabei, die den veralteten Empfehlungen früherer Leitlinien entsprach. Da ein Großteil der Probanden bereits vor Implementierung der Leitlinien 2005 an BLS-Kursen teilgenommen hatte und dementsprechend Kenntnisse über heute als obsolet geltende Reanimationsstandards besitzt, war der Hintergrund der Auswahl dieser Antwortmöglichkeit herauszufinden, wie der Lernerfolg der Kursteilnehmer in Bezug auf die im theoretischen Block vermittelten Inhalte zu den Neuerungen der Guidelines 2005 war. Bei der Auswertung der Fragebögen wurden nur richtig beantwortete Fragen gewertet, es gab keinen Punktabzug für falsch beantwortete oder nicht bearbeitete Fragen.

4.5.4 Folgeevaluation des reformierten BLS-Kurses (Reformkurs)

Zur Einordnung des Trainingseffektes des reformierten BLS-Kurses wurden die in diesem Kurs gemessenen Reanimationsparameter mit denen der BLS-Grundkurse von Mai bis Juni 2007 verglichen. Hierzu erfolgte die stichprobenartige Folgeevaluation von 70 Probanden der BLS-Referenzkurse im ersten Quartal 2011, also fast vier Jahre nach Durchführung der BLS-Grundkurse und nach der Einführung jährlicher Wiederholungsschulungen in der Universitätsmedizin Rostock. Mit dem Einverständnis der Probanden wurden stichprobenartig Algorithmen aus den regelmäßig stattfindenden BLS-Lehrgängen der RoSaNa aufgezeichnet und ausgewertet. Jeder Teilnehmer der Folgeevaluation absolvierte bereits BLS-Fortbildungen, die im Rahmen der klinischen Weiterbildungsveranstaltungen jährlich wiederholt werden. Diese Weiterbildungen für das Klinikpersonal des Universitätsklinikums Rostock basieren auf den ERC-Richtlinien 2010 (Abb. 3), mit dem Unterschied, dass hierbei keine theoretische Wissensabfrage in Form der Fragebögen erfolgte. Die aus diesen Evaluationskursen gewonnenen Daten wurden denen aus dem BLS-Grundkurs gegenübergestellt. Zur Vergleichbarkeit wurden die selben Parameter herangezogen.

Trotz der Tatsache, dass der Inhalt des BLS-Grundkurses gemäß den ERC-Guidelines aus dem Jahre 2005 geschult wurde und der Inhalt der reformierten Kurse auf den Richtlinien von 2010 basierte, war ein Vergleich der Ergebnisse beider Kurse möglich. Zwar gab es in der Neuerung der Guidelines von 2010 in Bezug des Basic Life Support Änderungen bei der Kompressionsfrequenz und der Drucktiefe, aber im Rahmen der Studie wurde im Vorfeld bereits für die gesamten Kurse und bei deren Auswertungen ein Zielwert bei der Drucktiefe von mindestens fünf Zentimetern und bei der Kompressionsrate eine Frequenz von mindestens 100 pro Minute festgelegt.

4.6 Datenerfassung

Die Registrierung der Probanden, inklusive der demographischen Daten wie Alter, Geschlecht, Zugehörigkeit zu einer Abteilung und Funktion im Universitätsklinikum erfolgte handgeschrieben in Druckschrift auf den in Abb. 1 dargestellten Teilnehmerlisten. Anschließend wurden diese via MEDLINQ®-Dokumentationssoftware eingelesen und elektronisch gespeichert.

Ermittelte Daten aus den praktischen Abschnitten der BLS-Grundkurse sowie den Nachuntersuchungsgruppen der Studie wurden via USB 2.0 von dem Reanimationsphantom an das Samsung® Netbook NP-N130 JA01DE (Samsung®, Seoul, Südkorea) übertragen und mit Hilfe der Ambu® CPR Software Version 2.3 (Bad Nauheim) registriert und aufgezeichnet. Der Ablauf des BLS-Algorithmus wurde zusätzlich handschriftlich festgehalten und zusammen mit den ausgedruckten Ergebnissen des jeweiligen Studienteilnehmers personengebunden archiviert. Die Auswertung und Dokumentation der Ergebnisse erfolgte auf den Fragebögen selbst. Im Anschluss wurde das existierende Datenmaterial in tabellarischer Form als Datenbank in das Tabellenkalkulationsprogramm NeoOffice® Calc 3.1.2 für Mac OS X manuell eingegeben. Zur Erstellung der Arbeit wurde das Textbearbeitungsprogramm NeoOffice® Writer 3.1.2 (Planamesa Inc., Santa Clara, USA) für Mac OS X (Apple® Inc., Cupertino, USA) genutzt.

4.7 Statistik

Zur statistischen Analyse und zur graphischen Darstellung wurden das Tabellenkalkulationsprogramm NeoOffice® Calc 3.1.2 für Mac OS X und das Statistikprogramm SPSS® Statistics Version 21 (IBM® Corporation, New York, USA) verwendet. Die Ergebnisse sind als Mittelwert (\pm Standardabweichung) bzw. als absolute und relative

Häufigkeit dargestellt, was auch für die demographischen Daten gilt. Zur Verlaufsbeschreibung u.a. der Reanimationsparameter über die Zeit und zum Vergleich der selbigen untereinander wurden der Korrelationskoeffizienten nach Pearson und das Bestimmtheitsmaß mittels linearer Regression bestimmt. Die Stärke des Korrelationskoeffizienten ist im Folgenden aufgeführt; dabei bestimmt das Vorzeichen die Polarität des Zusammenhanges, d.h. ob negativ oder positiv. Die Signifikanz wurde mittels t-Test überprüft, wobei ein Fehler 1. Art (Signifikanzniveau α) mit 0,05 festgelegt wurde.

Stärke des Korrelationskoeffizienten r: (angepasst an SPSS 8, Brosius 1998)

$\geq 0,8$	sehr starker Zusammenhang
0,6 - 0,79	starker Zusammenhang
0,4 - 0,59	mittelstarker Zusammenhang
0,2 - 0,39	schwacher Zusammenhang
$\leq 0,19$	kein Zusammenhang

5. Ergebnisse

5.1 Demographische Daten

Im Rahmen der Studie wurden insgesamt 426 Teilnehmer untersucht, von denen 10 eine weitere Beteiligung bei den Nachuntersuchungen ablehnten. Das durchschnittliche Alter betrug $40,0 \pm 10,2$ Jahre. Bei der Altersberechnung konnten, aufgrund fehlender Angabe des Geburtsdatums ($n = 4$), lediglich 422 Teilnehmer berücksichtigt werden. Es nahmen 14 Ärzte teil, welche einen prozentualen Anteil von 3,3% ausmachten (Abb. 9).

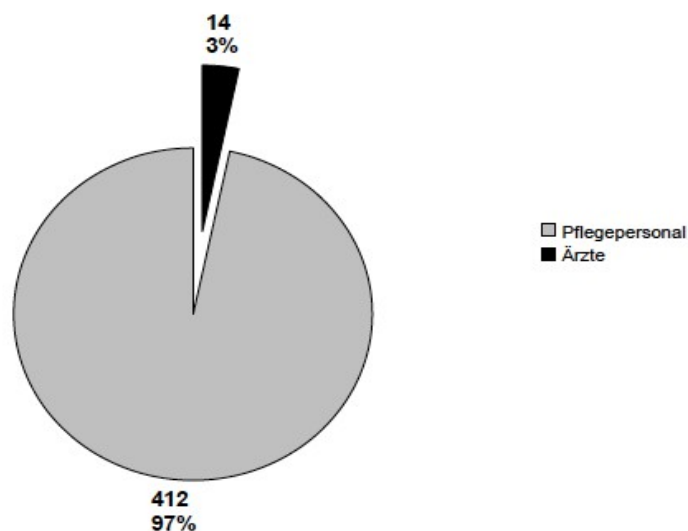


Abb.: 9 Übersicht über die Verteilung von Pflegepersonal und Ärzten unter den Kursteilnehmern; Angabe absoluter und relativer Häufigkeit [%].

Darunter war die Mehrheit ($n = 10$) männlichen Geschlechts. Im Gegensatz zur ärztlichen Belegschaft waren 93,4% ($n = 385$) des nichtärztlichen Personals weiblichen Geschlechts. Insgesamt nahmen 37 männliche (8,7%) und 389 weibliche (91,3%) Angestellte der Universitätsmedizin Rostock an der Studie teil (Abb. 10).

Aus den im ersten Quartal 2011 geschulten Teilnehmern wurden 70 stichprobenartig zur Evaluation des Reformkurses ausgewählt. Insgesamt wurden im Jahr 2011 791 medizinische Angestellte der Universitätsmedizin Rostock in Maßnahmen des BLS geschult und weitere 97 in Maßnahmen des ALS.

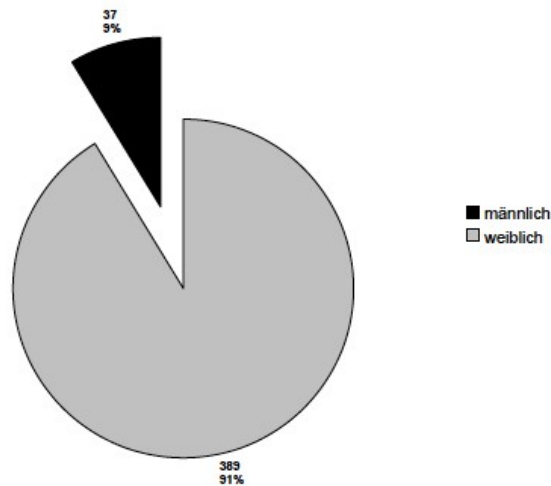


Abb.: 10 Übersicht über die Geschlechtsverteilung unter den Kursteilnehmern; Angabe absoluter und relativer Häufigkeit [%].

Wie in Abbildung 11 dargestellt, gliederte sich das nichtärztliche Personal in medizinisches Pflegepersonal der diversen Fachrichtungen, Medizinisch Technischen Assistenten sowie Physiotherapeuten.

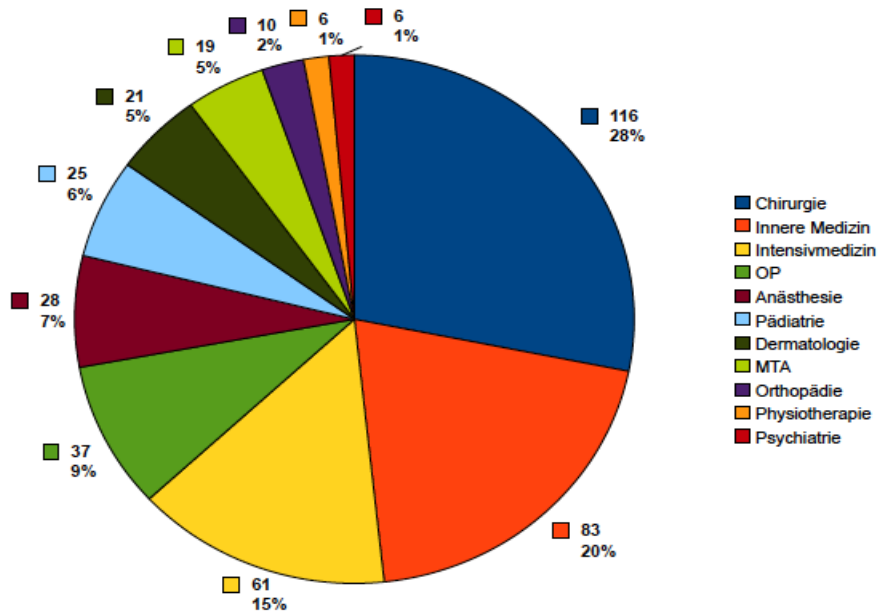


Abb.: 11 Übersicht nichtärztlichen Personals unter den Kursteilnehmern in alphabetischer Reihenfolge der Fachabteilungen; das Personal der Fachabteilungen Chirurgie, Dermatologie, Innere Medizin, Orthopädie und Pädiatrie beinhaltet sowohl das stationäre Pflegepersonal als auch die Schwestern der Notaufnahme; die Intensivmedizin spiegelt die teilnehmenden Angestellten der perioperativen und der internistischen Intensivstation inklusive kardiologischer Wachstation wider.

5.2. Thoraxkompression

5.2.1 Kompressionsrate

Im Rahmen der reinen Herzdruckmassage erreichten die Probanden des BLS-Grundkurses durchschnittlich eine Kompressionsrate von $106 \pm 12/\text{min}$. Insgesamt erreichten 289 (67,8%) eine Rate von über 100/min, jedoch waren darunter nur 241 (56,6%), die die vorgegebenen Grenzen von 100 - 120/min einhielten. Die Kompressionsrate korrelierte hierbei signifikant mit der Kompressionstiefe ($r = -0,15$; $p = 0,002$) und den fehlenden Entlastungen des Thorax ($r = 0,21$; $p < 0,001$; Tab. 2). Dies bedeutet: je höher die Kompressionsrate desto niedriger die Kompressionstiefe bzw. desto mehr inkomplette Entlastungen des Thorax während der Herzdruckmassage.

	BLS-Grundkurs		Nachuntersuchung nach 6 Monaten		Nachuntersuchung nach 12 Monaten		Nachuntersuchung nach 18 Monaten		Nachuntersuchung nach 24 Monaten		Reformkurs	
	Korrelationskoeffizient r	Signifikanz p	Korrelationskoeffizient r	Signifikanz p	Korrelationskoeffizient r	Signifikanz p	Korrelationskoeffizient r	Signifikanz p	Korrelationskoeffizient r	Signifikanz p	Korrelationskoeffizient r	Signifikanz p
Entlastung vs. KR	0,210	<0,001	0,515	0,049	0,089	0,672	-0,456	0,088	0,433	0,031	0,042	0,732
Entlastung vs. KT	0,087	0,073	0,289	0,295	-0,173	0,409	0,457	0,087	0,064	0,760	-0,151	0,213
KR vs. KT	-0,148	0,002	-0,415	0,124	0,231	0,266	-0,143	0,611	-0,167	0,424	0,113	0,352

Tab.: 2 Auflistung von Korrelationskoeffizient r und entsprechendem Signifikanzwert p für die Zusammenhänge ausgewählter Reanimationsparameter in den entsprechenden Studiengruppen; KR = Kompressionsrate, KT = Kompressionstiefe, Entlastung = unvollständige Entlastung des Brustkorbs.

Beim erneuten Testen nach sechs Monaten erreichte keiner der Studienteilnehmer mehr eine ausreichende Kompressionsrate, die jedoch nach wie vor signifikant mit der vollständigen Thoraxentlastung korrelierte ($r = 0,52$, $p = 0,049$). Nach 12 Monaten ($89 \pm 21/\text{min}$) erzielten 16% ($n = 4$) der Teilnehmer die geforderte Kompressionsrate, nach 18 Monaten ($89 \pm 17/\text{min}$) gelang dies sechs Teilnehmern (40%) (Tab. 3).

	KR	KT	korrekte Entlastung
BLS-Grundkurs	56 (241)	11 (47)	53 (227)
Nachuntersuchung nach 6 Monaten	0	0	73 (11)
Nachuntersuchung nach 12 Monaten	16 (4)	20 (5)	72 (18)
Nachuntersuchung nach 18 Monaten	40 (6)	0	60 (9)
Nachuntersuchung nach 24 Monaten	16 (4)	8 (2)	88 (22)
Reformkurs	50 (35)	70 (49)	64 (45)

Tab.: 3 Aufführung der relativen [%] und absoluten (in Klammern; n) Häufigkeit einer mittleren Kompressionsrate (KR) von 100 – 120/min, einer mittleren Kompressionstiefe (KT) von ≥ 50 mm und von vollständigen Entlastungen des Brustkorbes; sortiert nach Probandengruppen.

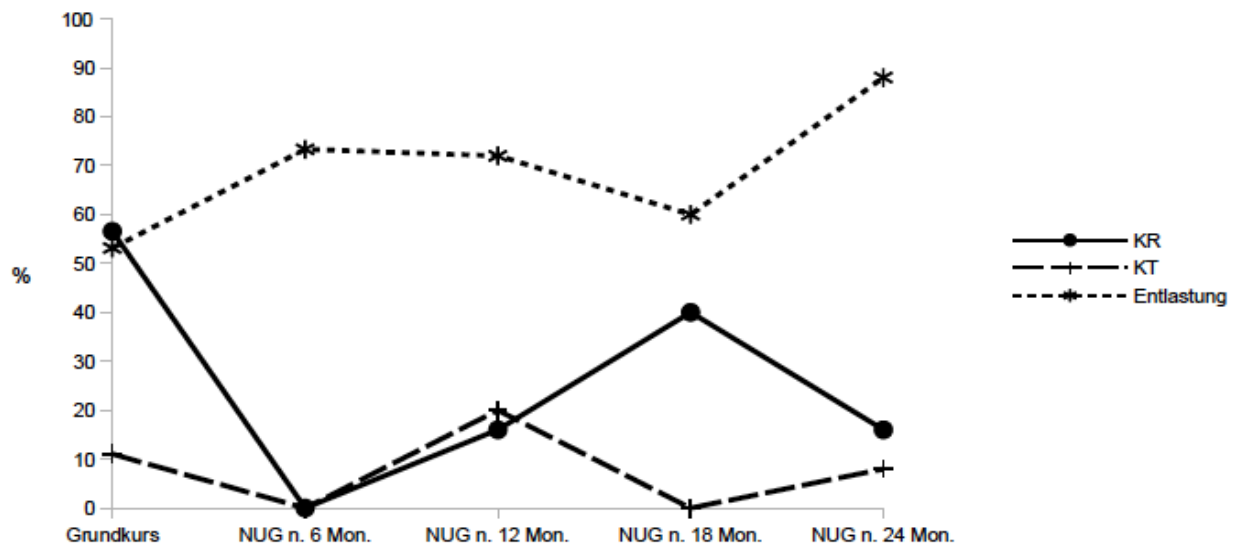


Abb.: 12 Darstellung der relativen Häufigkeit [%] von Kompressionsrate (KR), Kompressionstiefe (KT) und Thoraxkompressionen mit vollständiger Entlastung des Thorax im Zeitverlauf; NUG = Nachuntersuchungsgruppe.

Die mittlere Kompressionsrate lag nach zwei Jahren bei $81 \pm 17/\text{min}$, wobei 21 (84%) der 25 Teilnehmer die in den Guidelines empfohlenen 100-120 Herzdruckmassagen pro Minute nicht erreichten. Eine positive Korrelation lag in dieser Nachuntersuchungsgruppe zwischen der Kompressionsrate und den fehlerhaften Entlastungen des Brustkorbes ($r = 0,43$; $p = 0,031$) vor. Bezüglich einer Kompressionsrate zwischen 100 und 120/min gab es zwar eine negative Korrelation im zeitlichen Verlauf, aber diese war nicht signifikant ($r = -0,292$; $p = 0,317$; Tab. 4). Ebenfalls negativ, aber nicht signifikant, korrelierte der Mittelwert der Kompressionsrate ($r = -0,265$; $p = 0,333$) über die Zeit.

	Korrelationskoeffizient r	Bestimmtheitsmaß R^2	Signifikanz p-Wert
Kompressionsrate	-0,292	0,085	0,317
Kompressionstiefe	-0,110	0,012	0,430
Entlastung	0,677	0,458	0,105
Initialbeatmung	0,840	0,706	0,037
Beatmungsfrequenz	0,529	0,280	0,180
Beatmungsvolumen	-0,935	0,874	0,010
Atemminutenvolumen	-0,354	0,125	0,279
30 : 2	-0,821	0,674	0,044
„H-O-T“	Ø	Ø	Ø

Tab.: 4 tabellarische Aufführung des Korrelationskoeffizienten r der relativen Häufigkeit entsprechend der jeweiligen Parameter über der Zeit (Grundkurs und NUG) mit dazugehörigem Signifikanzwert p ($\alpha = 0,05$); zusätzliche Angabe des Bestimmtheitsmaßes R^2 .

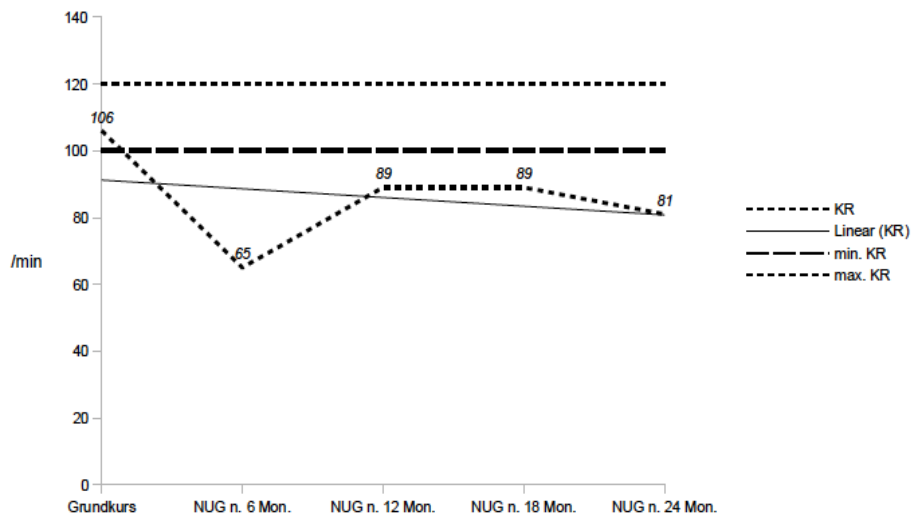


Abb.: 13 Diagramm mit Darstellung der durchschnittlich erreichten Kompressionsrate [/min] in den Studiengruppen über der Zeit in Bezug zur minimal und maximal geforderten Kompressionsfrequenz; zusätzliche Visualisierung der linearen Regression über der Zeit; NUG = Nachuntersuchungsgruppe.

Im reformierten Kurs lag die mittlere Kompressionsrate bei 117 ± 12 /min und befand sich damit im geforderten Normbereich. Bezüglich der Kompressionsrate gab es hinsichtlich der Mittelwerte zwischen Grundkurs und Reformkurs ausgeprägte Unterschiede (Tab. 5).

	KR in /min	KT in mm	„H-O-T“ in s
BLS-Grundkurs	106 (13)	43 (6)	12 (3)
Nachuntersuchung nach 6 Monaten	65 (18)	42 (5)	26 (15)
Nachuntersuchung nach 12 Monaten	89 (21)	45 (5)	21 (13)
Nachuntersuchung nach 18 Monaten	89 (17)	38 (10)	16 (8)
Nachuntersuchung nach 24 Monaten	81 (17)	43 (6)	17 (6)
Reformkurs	117 (12)	51 (5)	6 (4)

Tab.: 5 Angabe von Mittelwert und Standardabweichung (in Klammern) der Reanimationsparameter bezogen auf die jeweilige Probandengruppe; KR = Kompressionsrate, KT = Kompressionstiefe, "H-O-T" ("Hands-Off-Time") = erreichte Zeit ohne Herzdruckmassage.

5.2.2 Kompressionstiefe

Eine suffiziente Kompressionstiefe von mehr als 50 mm erzielten 47 (11%) der 426 Kursteilnehmer des BLS-Grundkurses, dabei wurde von ihnen im Durchschnitt eine Drucktiefe von 43 ± 6 mm erreicht. Allerdings erreichte nach sechs Monaten bzw. nach 18 Monaten keiner der Probanden die erforderliche Drucktiefe von mindestens 50 mm. Nach

18 Monaten war die Eindrücktiefe der Herzdruckmassage mit durchschnittlich nur 38 ± 10 mm sogar deutlich zu flach. In der Nachuntersuchungsgruppe lag die Kompressionstiefe nach einem Jahr im Mittel bei 45 ± 5 mm und war damit bei 80% ($n = 20$) nicht ausreichend. 24 Monate nach Absolvierung des Grundkurses erzielten immerhin zwei Probanden eine Drucktiefe von mehr als 50 mm. Im zeitlichen Verlauf nahm die relative Häufigkeit von ausreichend tief durchgeführten Thoraxkompressionen ab ($r = -0,110$; $p = 0,43$), d.h. je länger der Grundkurs zurück lag, desto weniger Probanden führten ausreichend tiefe Thoraxkompressionen durch.

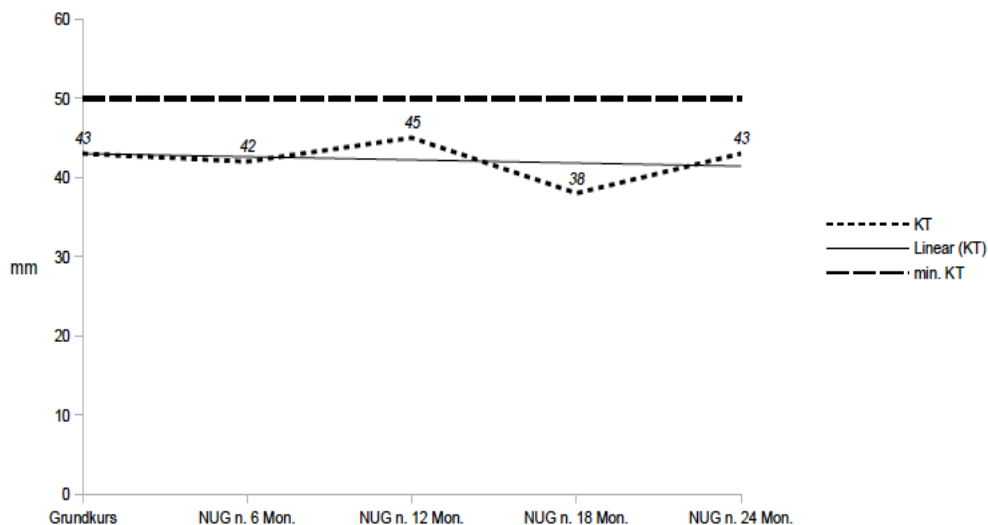


Abb.: 14 Graphische Illustration der im Mittel erreichten Kompressionstiefe [mm] hinsichtlich der zu leistenden Eindrücktiefe des Thorax; im zeitlichen Verlauf ist ebenfalls die lineare Regression dargestellt; NUG = Nachuntersuchungsgruppe.

Im Vergleich dazu erzielten während des Reformkurses bei einem durchschnittlichen Wert von 52 ± 5 mm 70% ($n = 49$) der Teilnehmer die minimal geforderte Drucktiefe von 50 mm.

5.2.3 Entlastung des Brustkorbes

Bei den Thoraxkompressionen erfolgte im Grundkurs bei 53,2% ($n = 227$) der Registrierungen eine vollständige Entlastung des Brustkorbes. Nach einem halben Jahr führten 73,3% ($n = 11$) der Probanden die Herzdruckmassage mit kompletter Entlastung durch. Von den 25 ausgelosten Studienteilnehmern der Nachuntersuchungsgruppe wurde im zweiminütigen BLS-Algorithmus nach einem Jahr durch 72% ($n = 18$) der Teilnehmer der Thorax vollständig entlastet. Währenddessen wurde nach 18 Monaten in 9 (60%) der 15 Fälle der Brustkorb bei der Thoraxkompression regelkonform entlastet. Eine vollständige Entlastung des Thorax konnte nach zwei Jahren bei 88% ($n = 22$) der Probanden

registriert werden. Bei den korrekt durchgeführten Thoraxkompressionen, d.h. mit kompletter Entlastung des Brustkorbes war ein stark positiver Zusammenhang ($r = 0,677$, $p = 0,105$) über der Zeit zu erkennen, d.h. je länger der BLS-Grundkurs zurück lag, desto weniger fehlerhafte Thoraxkompressionen wurden registriert.

Im Reformkurs entlasteten 25 Kursteilnehmer (35,7%) den Brustkorbs unvollständig.

5.3 Beatmung

5.3.1 Initialbeatmung

Die nicht mehr in den Guidelines vorgesehenen Initialbeatmungen wurden von 9% ($n = 40$) der Teilnehmer der Grundkursgruppe dennoch durchgeführt. Nach sechs Monaten wurden in 13% ($n = 2$) der Fälle Initialbeatmungen aufgezeichnet. 9 Probanden (36%) führten nach 12 Monaten Initialbeatmungen durch, nach 18 Monaten waren es vier (27%) und nach 24 Monaten drei Teilnehmer (12%; Tab. 6).

	IB	AMV	BF	BV
BLS-Grundkurs	9 (40)	19 (81)	1 (4)	52 (223)
Nachuntersuchung nach 6 Monaten	13 (2)	0	0	40 (6)
Nachuntersuchung nach 12 Monaten	36 (9)	12 (3)	0	44 (11)
Nachuntersuchung nach 18 Monaten	27 (4)	13 (2)	13 (2)	33 (5)
Nachuntersuchung nach 24 Monaten	36 (9)	4 (1)	4 (1)	20 (5)
Reformkurs	6 (4)	60 (42)	33 (23)	66 (46)

Tab.: 6 Aufführung der relativen [%] und absoluten (in Klammern; n) Häufigkeit von durchgeführten Initialbeatmungen (IB), einem mittleren Atemminutenvolumen (AMV) von $\geq 2,5$ l/min, einer mittleren Beatmungsfrequenz (BF) ≥ 6 /min und einem mittleren Beatmungsvolumen (BV) von $\geq 0,5$ l per Atemzug ; sortiert nach Probandengruppen.

Zusammenfassend fand sich eine signifikante positive Korrelation ($r = 0,840$; $p = 0,037$) zwischen der Anzahl durchgeführter Initialbeatmungen und dem Zeitintervall, d.h. je länger der Grundkurs zurück lag, desto mehr unerwünschte Initialbeatmungen wurden von den Teilnehmern durchgeführt.

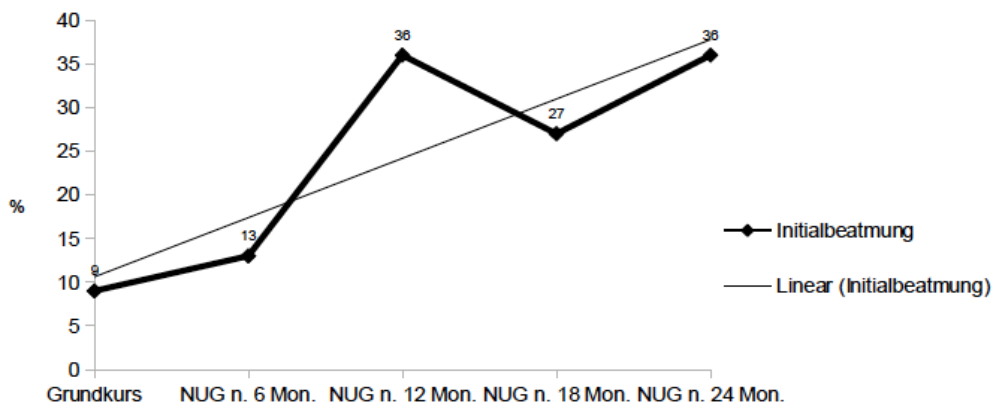


Abb.: 15 Darstellung der relativen Häufigkeit [in %] von durchgeführten Initialbeatmungen im Verlauf der Studie, inklusive der linearen Regression; NUG = Nachuntersuchungsgruppe.

Im reformierten BLS-Kurs kamen Initialbeatmungen signifikant weniger vor (5,7% vs. 9,4%, Tab. 7).

	Signifikanz p-Wert
Kompressionsrate	< 0,001
Kompressionstiefe	< 0,001
Entlastung	< 0,001
Initialbeatmung	0,014
Beatmungsfrequenz	< 0,001
Beatmungsvolumen	0,073
Atemminutenvolumen	< 0,001
30 : 2	< 0,001
„H-O-T“	< 0,001

Tab.: 7 Angabe der Signifikanz p bezüglich des Vergleichs der Mittelwerte der entsprechenden Reanimationsparameter zwischen BLS-Grundkurs und Reformkurs.

5.3.2 Beatmungsfrequenz

In den BLS-Kursen von Mai bis Juni 2007 erzielten vier der Probanden (1%) eine Beatmungsfrequenz von mehr als fünf Beutelbeatmungen pro Minute. Sechs und 12 Monate nach Absolvierung des BLS-Grundkurses erreichte kein Teilnehmer eine minimale Beatmungsfrequenz von sechs pro Minute. Nach 18 bzw. 24 Monaten erreichten zwei (13%) Probanden bzw. erzielte ein Proband eine Beatmungsfrequenz von mehr als fünf Beutel-Masken-Beatmungen pro Minute. Ein positiver Zusammenhang ($r = 0,529$; $p = 0,18$)

zeigte sich zwischen der Beatmungsfrequenz und dem zeitlichen Abstand zum BLS-Grundkurs, d.h. je länger der Grundkurs zurück lag, desto häufiger wurde die geforderte Anzahl von Beatmungen pro Minute von den Teilnehmern erreicht.

Im reformierten BLS-Kurs erzielten die Teilnehmer eine durchschnittliche Beatmungsfrequenz von $6,1 \pm 4,9/\text{min}$ (Tab. 8).

	AMV in l/min	BF in /min	BV in l
BLS-Grundkurs	1,6 (1,0)	2,8 (1,2)	0,5 (0,3)
Nachuntersuchung nach 6 Monaten	0,5 (0,5)	1,2 (1,1)	0,3 (0,3)
Nachuntersuchung nach 12 Monaten	1,3 (1,2)	2,5 (1,6)	0,4 (0,3)
Nachuntersuchung nach 18 Monaten	1,3 (1,3)	2,6 (1,6)	0,4 (0,2)
Nachuntersuchung nach 24 Monaten	0,8 (1,1)	1,8 (1,8)	0,3 (0,3)
Reformkurs	3,1 (2,3)	6,1 (4,9)	0,5 (0,2)

Tab.: 8 Angabe von Mittelwert und Standardabweichung (in Klammern) der Reanimationsparameter bezogen auf die jeweilige Probandengruppe; AMV = Atemminutenvolumen, BF = Beatmungsfrequenz, BV = Beatmungsvolumen; NUG = Nachuntersuchungsgruppe.

5.3.3 Beatmungsvolumen

Ein ausreichendes Beatmungsvolumen (gefordert waren im Mittel 0,5 l) erzielten 223 (52,4%) der Probanden des BLS-Grundkurses. Das geforderte Minimalvolumen von mehr als 0,4 l wurde von 40% (n = 6) der Studienteilnehmer in der Nachuntersuchungsgruppe nach sechs Monaten erreicht. 12 Monate nach Grundkursabsolvierung erzielten 44% der Teilnehmer (n = 11) das entsprechende Beatmungsvolumen, der Durchschnittswert lag bei $0,4 \pm 0,3$ l. Nach 18 Monaten erreichten fünf von 15 (33,3%) Teilnehmern das geforderte Beatmungsvolumen, in der letzten Nachuntersuchungsgruppe waren es fünf (20%). Die relative Häufigkeit eines adäquaten Beatmungsvolumens nahm im zeitlichen Verlauf signifikant ab ($r = -0,935$; $p = 0,01$). Die Mittelwerte korrelieren dabei negativ mit der chronologischen Reihenfolge der Nachuntersuchungsgruppe ($r = -0,641$; $p = 0,122$) – das bedeutet, je länger der BLS-Grundkurs zurück lag, desto weniger Beatmungsvolumen erreichten die Probanden.

Im Reformkurs wurde bei der stichprobenartigen Auswertung von 70 Teilnehmern ein mittleres Beatmungsvolumen von $0,5 \pm 0,2$ l registriert. Dieser Wert unterschied sich nicht

signifikant ($p = 0,073$) von dem des BLS-Grundkurses. 34% der Teilnehmer erreichten nicht das geforderte Minimalvolumen, im Grundkurs waren es 48%.

5.3.4 Atemminutenvolumen

Bei den beatmungsrelevanten Parametern wurde direkt im Anschluss an den Grundkurs ein ausreichendes Atemminutenvolumen von mindestens 2,5 l/min lediglich von 19% ($n = 81$) der Studienteilnehmer erreicht. Nach sechs Monaten verfehlten sogar alle Probanden diese Zielmarke. Bei der Beutel-Masken-Beatmung erreichten nach einem Jahr 12% ($n = 3$) der Teilnehmer ein Atemminutenvolumen von mehr als 2,4 l/min. In der Nachuntersuchungsgruppe nach 18 Monaten erzielten zwei der 15 Teilnehmer (13,3%) das geforderte Atemminutenvolumen. Nur ein Proband von 25 (4%) erreichte diesen Wert nach zwei Jahren.

	BLS-Grundkurs		Nachuntersuchung nach 6 Monaten		Nachuntersuchung nach 12 Monaten		Nachuntersuchung nach 18 Monaten		Nachuntersuchung nach 24 Monaten		Reformkurs	
	Korrelationskoeffizient r	Signifikanz p	Korrelationskoeffizient r	Signifikanz p	Korrelationskoeffizient r	Signifikanz p	Korrelationskoeffizient r	Signifikanz p	Korrelationskoeffizient r	Signifikanz p	Korrelationskoeffizient r	Signifikanz p
AMV vs. BF	0,711	<0,001	0,830	<0,001	0,738	<0,001	0,807	<0,001	0,890	<0,001	0,933	<0,001
AMV vs. BV	0,881	<0,001	0,785	0,001	0,867	<0,001	0,799	<0,001	0,820	<0,001	0,289	0,015
BF vs. BV	0,467	<0,001	0,540	0,038	0,526	0,007	0,438	0,102	0,742	<0,001	-0,035	0,777

Tab.: 9 Auflistung von Korrelationskoeffizient r und entsprechendem Signifikanzwert p für die Zusammenhänge ausgewählter Reanimationsparameter in den entsprechenden Studiengruppen; AMV = Atemminutenvolumen, BF = Beatmungsfrequenz, BV = Beatmungsvolumen.

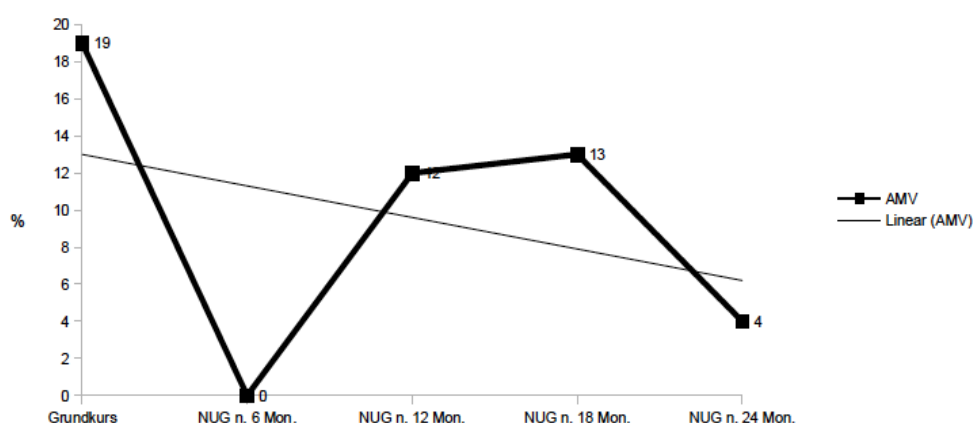


Abb.: 16 Diagramm mit Darstellung der relativen Häufigkeiten [in %] des Atemminutenvolumens (AMV), inklusive linearer Regression; NUG = Nachuntersuchungsgruppe.

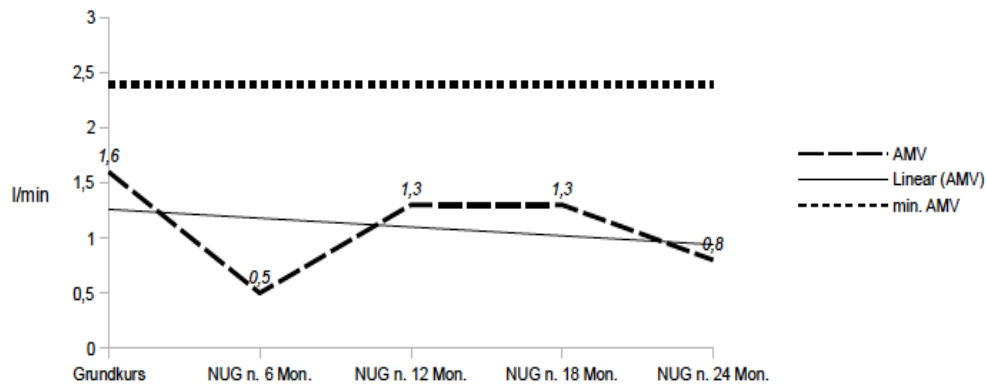


Abb.: 17 Diagramm mit Mittelwerten des Atemminutenvolumens [l/min] im zeitlichen Verlauf, inklusive linearer Regression; zusätzliche Darstellung des mindestens verlangten Atemminutenvolumens; NUG = Nachuntersuchungsgruppe

Je größer der zeitliche Abstand zum BLS Grundkurs war, desto weniger Teilnehmer erreichten ein ausreichendes Atemminutenvolumen ($r = -0,354$; $p = 0,279$). Wie in Tab. 10 dargestellt, liegt zwischen der chronologischen Abfolge der Studiengruppen und den Mittelwerten der jeweiligen Parameter keine Signifikanz vor.

	Korrelationskoeffizient r	Bestimmtheitsmaß R^2	Signifikanz p-Wert
Beatmungsfrequenz	-0,150	0,023	0,405
Beatmungsvolumen	-0,641	0,411	0,122
Atemminutenvolumen	-0,290	0,084	0,318
Kompressionsrate	-0,265	0,070	0,333
Kompressionstiefe	-0,200	0,040	0,373
Pausen	Ø	Ø	Ø

Tab.: 10 Auflistung des Korrelationskoeffizienten r der Mittelwerte der jeweiligen Reanimationsparameter im zeitlichen Verlauf (Grundkurs und NUG) mit dazugehörigem Signifikanzwert p ($\alpha = 0,05$); zusätzliche Angabe des Bestimmtheitsmaßes R^2 .

Im Reformkurs erreichten 60% ($n = 42$) ein ausreichendes Atemminutenvolumen, durchschnittlich wurde das Reanimationsphantom mit $3,1 \pm 2,3$ l/min beatmet.

5.4 Reanimationsrhythmus

Im BLS-Grundkurs führten 370 Probanden (87%) die CPR leitlinienkonform im Rhythmus von 30 : 2 durch. Nach sechs Monaten erreichten 9 der 15 Teilnehmer (60%) einen Rhythmus von 30 : 2, nach einem Jahr wurde dieser bei 72% ($n = 18$) registriert, nach 18 Monaten bei 53% und in der Nachuntersuchungsgruppe nach 24 Monaten bei 52%

(n = 13) der Studienteilnehmer. Im zeitlichen Verlauf fiel hier eine signifikante Abnahme in der Durchführung von 30 Herzdruckmassagen im Wechsel mit zwei Beatmungen ($r = -0,821$; $p = 0,044$) auf – d.h. je weiter der Grundkurs zurück lag, desto weniger Teilnehmer führten die CPR im geforderten Rhythmus von 30 : 2 durch.

Im Reformkurs zeigte sich, dass lediglich drei (4%) der Teilnehmer den Reanimationsrhythmus von 15 : 2 anwendeten (Tab. 11), d.h. 96% haben den richtigen Rhythmus angewandt.

	„H-O-T“	30 : 2
BLS-Grundkurs	0	87 (370)
Nachuntersuchung nach 6 Monaten	0	60 (9)
Nachuntersuchung nach 12 Monaten	0	72 (18)
Nachuntersuchung nach 18 Monaten	0	53 (8)
Nachuntersuchung nach 24 Monaten	0	52 (13)
Reformkurs	0	96 (67)

Tab.: 11 Aufführung der relativen [%] und absoluten (in Klammern; n) Häufigkeit vom Unterbieten der maximal zulässigen Pausenzeit ("H-O-T" ["Hands-Off-Time"]) und von der Durchführung des BLS im Wechsel von 30 Thoraxkompressionen mit 2 Beatmungen (30 : 2); sortiert nach Probandengruppen.

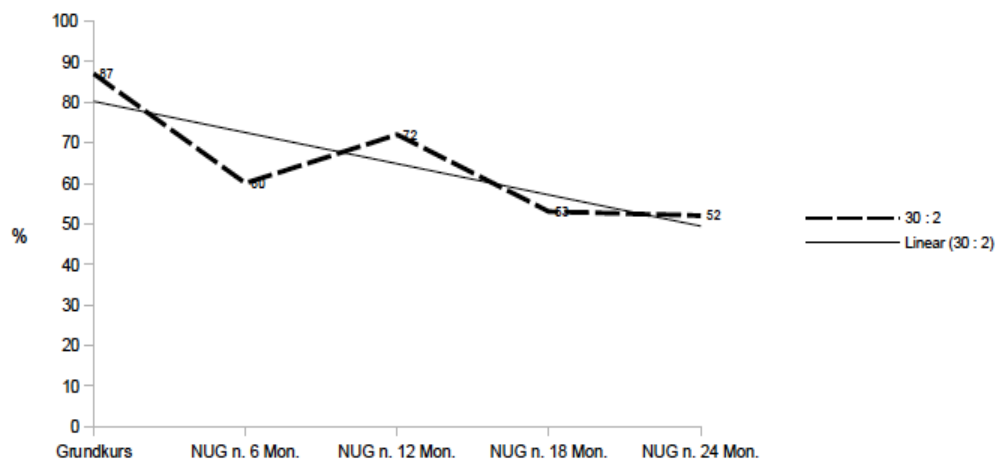


Abb.: 18 Graphische Darstellung des Verlaufs der relativen Häufigkeit [in %] von korrekt durchgeführten 30 Herzdruckmassagen im Wechsel mit 2 Beatmungen; zusätzliche Darstellung der linearen Regression im zeitlichen Studienverlauf; NUG = Nachuntersuchungsgruppe.

5.5 "Hands-Off-Time"

Zwischen zwei Zyklen von 30 Thoraxkompressionen wurde in der Grundkursgruppe eine Pausenzeit von maximal fünf Sekunden in keinem der Fälle erreicht, durchschnittlich

betrug diese 12 ± 3 s. Sechs Monate nach dem BLS-Grundkurs lag sie mit 26 ± 15 s sogar deutlich über dem zulässigen Zeitlimit (Tab. 5). Auch in den folgenden Nachuntersuchungsgruppen konnte keiner der Studienteilnehmer diese Zeitvorgabe einhalten.

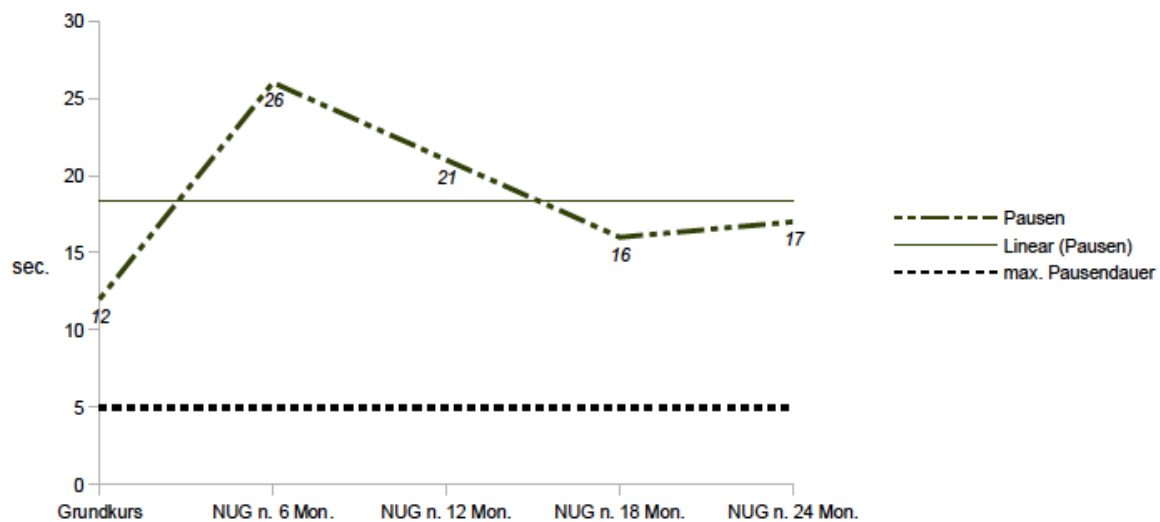


Abb.: 19 Darstellung der Pausenzeiten [s] zwischen Herzdruckmassage und Beatmung im zeitlichen Verlauf, zusätzlich ist der Grenzwert der maximal zulässigen Pausenzeit und die lineare Regression veranschaulicht; NUG = Nachuntersuchungsgruppe.

Anders verhielt es sich während des Reformkurses: hier konnten immerhin 33 (47%) Probanden die maximal zu vertretene "Hands-Off-Time" zwischen Herzdruckmassage und Beatmung unterbieten.

5.6 Fragebogen

Zur Prüfung des theoretischen Wissens über die Reanimation musste von den Studienteilnehmern der in Abbildung 8 dargestellte Fragebogen beantwortet werden. Im Anschluss des BLS-Grundkurses füllten insgesamt 128 der 426 (30%) Probanden die Bögen aus. 82% (n = 105) hiervon beantworteten alle fünf Fragen korrekt (Tab. 12).

	5 richtig	4 richtig	3 richtig	2 richtig	1 richtig	0 richtig
BLS-Grundkurs	82	18	0	0	0	0
Nachuntersuchung nach 6 Monaten	40	40	13,3	0	6,7	0
Nachuntersuchung nach 12 Monaten	24	36	40	0	0	0
Nachuntersuchung nach 18 Monaten	40	33,3	20	6,7	0	0
Nachuntersuchung nach 24 Monaten	28	36	24	12	0	0

Tab.: 12 Übersicht über die relative Häufigkeit [in %] von korrekt beantworteten Fragen in den jeweiligen Probandengruppen.

Die restlichen 18% (n = 23) lösten vier der fünf Fragen richtig. Im Mittel betrug die relative Häufigkeit richtiger Antworten im BLS-Grundkurs $96,4 \pm 3,3\%$. Dagegen waren in der Nachuntersuchungsgruppe nach sechs Monaten durchschnittlich $81,3 \pm 11,9\%$ der Antworten richtig, nach 12 Monaten $76,8 \pm 19,3\%$, nach 18 Monaten $81,3 \pm 11,9\%$ und in der Nachuntersuchungsgruppe nach 24 Monaten $76,0 \pm 12,7\%$. Nach sechs Monaten wurden alle Fragen von sechs der 15 Teilnehmer (40%) fehlerfrei beantwortet, nach 12 Monaten von sechs aus 25 (24%), nach 18 Monaten blieben erneut sechs von 15 Probanden (40%) fehlerfrei und in der letzten Gruppe, 24 Monate nach dem BLS-Grundkurs waren von den 25 Teilnehmern, sieben (28%) in der Lage alle fünf Fragen fehlerfrei zu lösen. Im zeitlichen Verlauf zeigt sich eine tendenzielle Abnahme ($r = -0,779$; $p = 0,06$) der relativen Häufigkeit korrekter Antworten, d.h. je länger der Grundkurs zurück lag, desto mehr Antworten wurden falsch beantwortet.

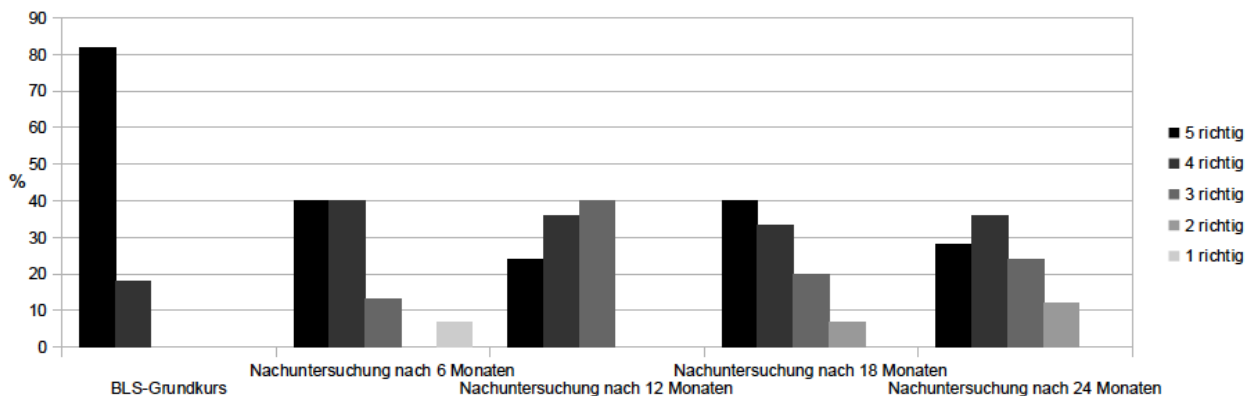


Abb.: 20 graphische Veranschaulichung der relativen Häufigkeit [in %] richtig beantworteter Fragen bezogen auf die zeitliche Abfolge der Studiengruppen.

Wie aus Tabelle 13 ersichtlich, wurde die Frage „1“ zum Offenhalten der Atemwege im Durchschnitt in $91,1 \pm 7,1\%$ der Fälle korrekt beantwortet, in der Nachuntersuchungsgruppe nach 18 Monaten lösten diese Frage alle Teilnehmer (n = 15) zu 100% richtig.

	relative Häufigkeit richtig beantworteter Fragen (absolute Häufigkeit)					Mittelwert ^a	Standard- abweichung ^b	Korrelations- koeffizient r	Signifikanz p (einseitig)
	BLS-Grundkurs (n = 128)	Nachuntersuchung nach 6 Monaten (n = 15)	Nachuntersuchung nach 12 Monaten (n = 25)	Nachuntersuchung nach 18 Monaten (n = 15)	Nachuntersuchung nach 24 Monaten (n = 25)				
Frage 1	91,4 (117)	80 (12)	92 (23)	100 (15)	92 (23)	91,1	7,1	0,457	0,219
Frage 2	97,7 (125)	80 (12)	76 (19)	73,3 (11)	76 (19)	80,6	9,8	-0,790	0,056
Frage 3	97,7 (125)	66,7 (10)	44 (11)	73,3 (11)	60 (15)	68,3	19,7	-0,545	0,171
Frage 4	100 (128)	80 (12)	84 (21)	73,3 (11)	68 (17)	81,1	12,2	-0,911	0,016
Frage 5	95,3 (122)	100 (15)	88 (22)	86,7 (13)	84 (21)	90,8	6,6	-0,855	0,032
Mittelwert ^a	96,4	81,3	76,8	81,3	76,8				
Standard- abweichung ^b	3,3	11,9	19,3	11,9	12,7				

Tab.: 13 Angabe von nach Fragen sortierter relativer [in %] und absoluter (in Klammern; n) Häufigkeit, sowie im Studienverlauf bezogen auf die relative Häufigkeit Mittelwert mit Standardabweichung, Korrelationskoeffizient r und Signifikanzwert p; des weiteren Aufführung von Mittelwert und Standardabweichung relativer Häufigkeit korrekter Antworten in den den entsprechenden Gruppen.

Der Studienverlauf zeigt, dass die Frage „1“ umso häufiger richtig beantwortet wurde, je länger der Grundkurs zurück lag ($r = 0,457$; $p = 0,219$). Bei Frage „2“ zum Tasten des Pulses ist dieser Zusammenhang dagegen negativ ($r = -0,790$; $p = 0,056$), d.h. mit größer werdenden Zeitintervallen wurde diese Frage seltener korrekt beantwortet. Die Frage „3“ zu den Initialbeatmungen wurde im Mittel nur zu $68,3 \pm 19,7\%$ richtig beantwortet, in der Gruppe nach 12 Monaten sogar nur von 44% ($n = 11$) der Teilnehmer. Bei der Frage „4“ zum Reanimationsrhythmus wird der direkte Zusammenhang zwischen zeitlichem Abstand von Wissensvermittlung und Fehlerhäufigkeit bei der Beantwortung besonders deutlich ($r = -0,911$; $p = 0,016$). Der Mittelwert lag bei $81,1 \pm 12,2\%$. Bei den 128 ausgewerteten Fragebögen des Grundkurses war die Frage „4“ als einzige noch fehlerfrei beantwortet worden. Auch für die Frage „5“ zum Ende einer Reanimation trifft die Korrelation zwischen zunehmenden zeitlichen Abstand zum Grundkurs und signifikant seltener richtiger Beantwortung zu ($r = -0,855$; $p = 0,032$). Der Mittelwert lag hier bei $90,8 \pm 6,6\%$.

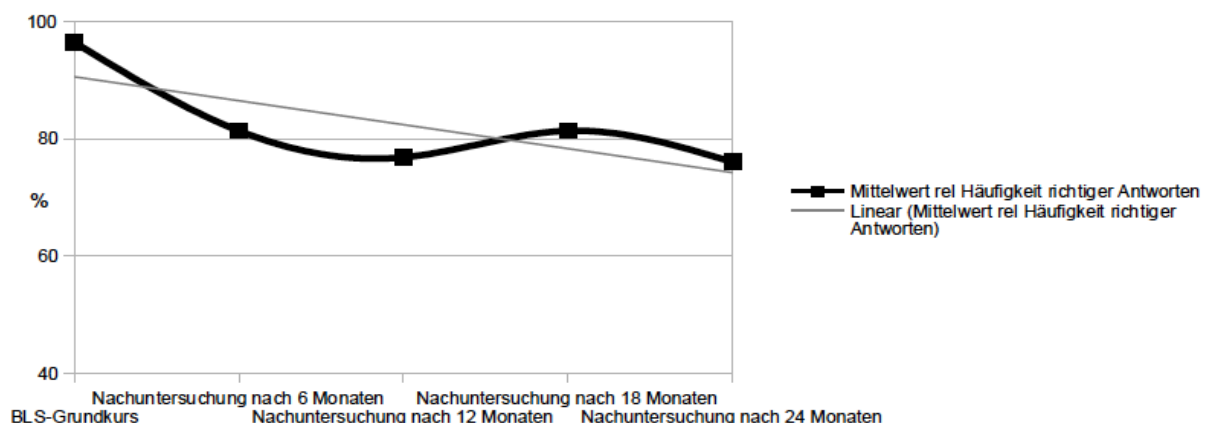


Abb.: 21 Darstellung der relativen Häufigkeit [in %] der in den einzelnen Studiengruppen im Mittel korrekt gelösten Antworten, zusammen mit der linearen Regression im Verlauf der Zeit.

6 Diskussion

6.1 BLS-Kurse und Nachuntersuchungsgruppen

Die BLS-Grundkurse fanden im Mai und Juni 2007 in der RoSaNa der KAI statt. Dabei erfolgte die Schulung in einer Gruppenstärke von 16 bis 24 Teilnehmern. Auf acht Teilnehmer kam, wie vom ERC in den Guidelines 2005 empfohlen, ein BLS-Instruktor.

Da das im Frontalunterricht vermittelte theoretische Wissen nicht ausreicht, um eine effiziente kardiopulmonale Reanimation durchzuführen, ist das Training praktischer Handgriffe obligat (Chamberlain et al. 2001). Zur Gewährleistung eines bestmöglichen Resultates für alle Beteiligten ist eine ausgewogene Dosierung von theoretischem Wissen und der unmittelbaren praktischen Anwendung entsprechend umzusetzen. Die manuellen Fertigkeiten können am Simulator, in diesem Fall der Reanimationspuppe Ambu Man (Fa. Ambu® GmbH, Bad Nauheim), geübt und vertieft werden. Diese Trainingsmethode, das Üben von Reanimationsmaßnahmen an einem adäquaten Lehrmittel, führt auch bei falscher Durchführung einzelner Handlungsschritte nicht zu einer Gefährdung von Menschenleben. Zudem ist das Simulationsequipment heutzutage sehr realitätsnah und findet auch deshalb beim Erlangen praktischer Fertigkeiten kontinuierlich Anwendung (Abou-Elhamd et al. 2010, MyLaughlin et al. 2008, Palter et al. 2010, Timmermann et al. 2005, Weinberg et al. 2009). Durch die Kombination der direkten Verknüpfung von theoretischen Grundlagen und Simulatortraining kann die Effektivität des Lernprozesses wesentlich verbessert werden. Die Vermittlung der praktischen Fertigkeiten erfolgte in den BLS-Kursen gemäß eines allgemeingültigen Konzeptes in vier Stufen: unkommentierte Technikdemonstration und Kommentierung der einzelnen Schritte durch die Lehrkraft, mündliche Wiedergabe der einzelnen Technikschrte und selbstständige Durchführung der Handlungsschritte durch den Teilnehmer.

Die innerklinische Reanimation ist keine alltägliche medizinische Methode und wird erst recht nicht jedes Mal von denselben Leuten ausgeführt. Daher ist das Einsetzen des natürlichen Vergessensprozesses (Kaye et al. 1986) beim klinischen Personal wenig verwunderlich. Außerdem zeigten Studien, dass in einem Zeitraum von einem Viertel bis zwei Jahren nach Absolvierung eines BLS-Grundkurses die manuellen Fähigkeiten in kardiopulmonaler Reanimation nicht mehr ausreichend sind (Fossel 1983, Huhnigk 1994, Vanderschmidt 1976, Wenzel 1997, Wilson 1983). Die wesentlichen Fertigkeiten der Herz-Lungen-Wiederbelebung im zeitlichen Verlauf wurden im Rahmen dieser Studie durch eine

Nachuntersuchung des BLS-Algorithmus von 15 bzw. 25 Probanden im Abstand von 6, 12, 18 und 24 Monaten nach der Teilnahme an einem BLS-Grundkurs evaluiert. Die Postmessung in den Nachuntersuchungsgruppen zeigte hierbei den Transfer der Trainingsinhalte in den Klinikalltag. In einer Befragung aus dem Jahre 2008 hielten 100% der Pflegekräfte und 89% der befragten Ärzte ein derartiges Notfalltraining für sinnvoll. Für eine regelmäßig stattfindende verpflichtende Wiederholung sprachen sich 97,7% des Pflegepersonals und 87% der Ärzteschaft aus. Auch in Kliniken in Mecklenburg-Vorpommern und Schleswig-Holstein ist unter den Pflegekräften ein großes Interesse an innerklinischen Fortbildungen zur effektiven Behandlung von Notfällen vorhanden (Schikora 2009).

An der Universitätsmedizin Rostock waren zum Stichtag 01.01.2012 ca. 1500 medizinische Mitarbeiter am Standort Schillingallee beschäftigt. Ergänzt wird die Mitarbeiterzahl durch das medizinische Personal der Außenstandorte, so dass sich unter Berücksichtigung einer ständigen Personalfluktuations eine Personalstärke von ca. 2000 Mitarbeitern ergibt. Eine kontinuierliche Schulung aller Mitarbeiter stellt sich deshalb als logistische Herausforderung dar. Problematisch in diesem Kontext ist nicht nur der Arbeitsaufwand an sich, sondern auch die damit verbundenen Kosten. Um den Arbeitsaufwand und die Kosten zu begrenzen, wurde eine reduzierte Kursform für BLS-Kurse mit einer Kursdauer von zwei Unterrichtseinheiten eingeführt.

6.1.1 BLS-Algorithmus

Gute theoretische Fähigkeiten auf dem Gebiet des Basic Life Support allein reichen nicht aus, um die Effektivität der Herz-Lungen-Wiederbelebung zu steigern. Folgerichtig gab es zahlreiche Forderungen nach einer möglichst praktischen Ausrichtung der Lehrgänge (Walters et al. 2000). Schon der römische Philosoph Seneca sagte kurz nach Beginn der Zeitrechnung: „Lang ist der Weg durch Lehren, kurz und wirksam durch Beispiele.“ Am Besten und nicht nur für Anfänger geeignet sind diesbezüglich Algorithmen. Diese eignen sich besonders für unter zeitlichem Druck zu bewältigende Ereignisse, für deren Behandlung ein entsprechender Evidenzgrad vorliegt. Als Paradebeispiel für die Anwendung von solch genau definierten Handlungsvorschriften gilt die Reanimation. Erfahrungsgemäß führt der Einsatz von Algorithmen hier zu einem verbesserten Outcome, gerade auch weil die entsprechenden Leitlinien regelmäßig anhand neuer Erkenntnisse durch das 1993 gegründete International Liaison Committee on Resuscitation (ILCOR) überarbeitet und angepasst werden. Durch die einfache Handhabung evidenzbasierter Algorithmen, welche

den Einsatzablauf regeln und damit die Sicherheit für den Anwender garantieren, werden störende Einflüsse minimiert. Des Weiteren wird durch die internationalen Richtlinien weltweit ein einheitlicher Standard in der Versorgung von Patienten mit Herzkreislaufstillstand sichergestellt.

Im Rahmen der Untersuchung wurde der BLS-Algorithmus für Erwachsene für innerklinische Notfälle nach den ERC-Richtlinien angewendet, da sich durch diese evidenzbasierten Therapieschemata die bis dato unbefriedigenden Reanimationsergebnisse in den vergangenen Jahrzehnten verbesserten. Sie sind somit als Grundlage für die Ausbildung und das Training der Wiederbelebung essentiell (Aune et al. 2011). Diese Leitlinien bzw. Handlungsschemata dienen ebenfalls dazu, Notfallsituationen wie den Kreislaufstillstand nach außen nicht chaotisch, unorganisiert oder sogar improvisiert erscheinen zu lassen.

In der hier durchgeführten Studie wurde ein BLS-Algorithmus von zwei Minuten Dauer gewählt. Zum einen werden in den ersten zwei Minuten einer Reanimation, egal ob im Simulatortraining oder im Realfall, entsprechend den Empfehlungen des ERC keine weiteren Maßnahmen außer der Herzdruckmassage und der Beatmung durchgeführt. Zum anderen liefern die ersten zwei Minuten ohne weitere Interventionen wie Defibrillation oder Intubation eine unverfälschte Aussage über die Qualität der Basismaßnahmen. Insbesondere im Rahmen des Basic Life Support können die physikalischen Größen Kompressionstiefe, Kompressionsfrequenz und Beatmungsvolumen zur Effektivitätsgraduierung gemessen und ausgewertet werden. Der Sinn des Basic Life Support ist das Zusammenfügen der mechanischen Elemente der Herz-Lungen-Wiederbelebung (d.h. Herzdruckmassage und Beatmung) und die Optimierung der zeitlichen Abläufe. Ein weiterer Nutzen des zweiminütigen Algorithmus liegt in der Überbrückung der Zeitspanne bis zur Defibrillation bzw. bis zum Eintreffen eines professionellen Reanimationsteams. Entsprechend nationaler als auch internationaler Empfehlungen soll innerklinisch innerhalb von drei Minuten die Möglichkeit der Frühdefibrillation mittels halbautomatischem Defibrillator (AED) gegeben sein (ERC 2005, Handley et al. 2005, Trappe et al. 2005). Außerdem gibt es Empfehlungen, dass beim unbeobachteten Herzkreislaufstillstand zunächst mit fünf Zyklen von 30 Thoraxkompressionen und zwei Beatmungen, entsprechend zwei Minuten CPR bis zur Defibrillation durchzuführen sind (ECC 2005). Diese Handlungsanweisung ist damit begründet, dass ein ausreichend oxygeniertes und gut perfundiertes Herz erfolgreicher zu defibrillieren ist (Wik et al. 2003).

6.2 Studienergebnisse

6.2.1 Demographische Daten

Mit einem Altersdurchschnitt von $40 \pm 10,2$ Jahren der Probanden ist diese Studie vergleichbar mit einer Studie aus Schweden, in der die Motivation von Krankenschwestern hinsichtlich der Teilnahme an Reanimationskursen untersucht wurde (Arnesdatter Hopstock 2008). Auch in der vorliegenden Studie war mit 96,7% der Großteil der Kursteilnehmer nichtärztliches medizinisches Fachpersonal. Das Pflegepersonal ist in der Mehrzahl der Fälle der Teil der Belegschaft, der als erstes zu einem Patienten mit Herzkreislaufstillstand Kontakt hat, dann die weitere Rettungskette auslöst und mit den Basismaßnahmen beginnt (Gombotz et al. 2006, Herlitz et al. 2002, Mandrakas 2009). Aus den Fachabteilungen mit hohem Risiko für einen innerklinischen Herzstillstand, wie zum Beispiel der Intensivmedizin, der Anästhesie, der Notaufnahme oder dem OP, kamen 50,7% des teilnehmenden Pflegepersonals. Dieser Wert ist ebenfalls vergleichbar mit den 52% einer schwedischen Studie von Aune aus dem Jahr 2011. Auf Grund des hohen Anteils von Akutereignissen in diesen Fachbereichen ist es unabdingbar das nichtärztliche Personal sowohl physisch als auch kognitiv auf ein solches Notfallereignis vorzubereiten.

6.2.2 Thoraxkompression

6.2.2.1 Kompressionsrate

Die in der Studie bei der Durchführung der BLS-Algorithmen geforderte Kompressionsrate von mindestens 100 pro Minute ist an die Empfehlungen der ERC-Guidelines 2005 angelehnt. Laut einer Studie aus dem Jahre 2009 existiert eine positive Wechselbeziehung zwischen der Anzahl durchgeführter Thoraxkompressionen innerhalb einer Minute und der Überlebenswahrscheinlichkeit der Notfallpatienten (Christenson et al. 2009). Daher ist die adäquate Durchführung der CPR essentiell .

Unter den im Anschluss an den Grundkurs ausgewerteten Algorithmen fand sich eine mittlere Kompressionsrate von 106/min und lag damit oberhalb des unteren Grenzwertes. Allerdings konnten lediglich 57% der Teilnehmer Druckfrequenzen von über 100 pro Minute erreichen. Dieser Wert reduzierte sich im zeitlichen Verlauf der Studie weiter. Auch der im Mittel erreichte Wert der Kompressionsrate in den jeweiligen Nachuntersuchungsgruppen fiel ebenfalls ab. Diese ermittelten Werte bestätigen Ergebnisse anderer Studien, die zeigten, dass selbst professionelle Helfer bei innerklinischer Reanimation zu selten die geforderte Kompressionsrate erreichten (Abella et al. 2005, Wik et al. 2005).

Die unbefriedigenden Ergebnisse sind durch das zeitliche Intervall zwischen Grundkurs und Nachuntersuchungsgruppe zu erklären, da den Probanden hier das Gefühl für eine ausreichende Frequenz fehlt. Im Grundkurs wurde die Herzdruckmassage im Vorfeld der Registrierung demonstriert und anschließend auch unter Supervision geübt.

Zur Erreichung besserer Trainingsergebnisse und zur Sicherstellung des Transfers einer guten Herzdruckmassage in den klinischen Alltag ist gerade im BLS-Lehrgang der Einsatz von sprachgesteuerten und visuellen Metronomen ein wichtiges unterstützendes Hilfsmittel - dies wird durch zahlreiche Studien der letzten Jahre belegt (Beckers et al. 2007, Fletcher et al. 2008, Jäntti et al. 2009, Kern et al. 2010, Noordergraaf et al. 2006). Trotz der Möglichkeit die Ausbildung technisch zu unterstützen, kann die Reanimationsperformance in erster Linie nur durch das wiederholte Training der grundlegenden Maßnahmen der Reanimation verbessert werden. Den Effekt von regelmäßigen Unterweisungen in Basic Life Support beschreibt eine Studie in der professionelle, turnusmäßig geschulte Helfer über fünf Minuten eine adäquate CPR zu Stande brachten, egal ob am Boden kniend oder am Bett des Patienten stehend (Chi 2008). Die signifikant höhere mittlere Kompressionsrate des Reformkurses im Vergleich zum Grundkurs (117 vs. 106/min, $p < 0,001$) bestätigt diese Ergebnisse.

6.2.2.2 Kompressionstiefe

Langzeitüberleben und neurologisches Outcome eines Patienten nach Herzkreislaufstillstand sind nicht nur mit der mangelnden Qualität der Kompressionsrate assoziiert, sondern auch mit der zu geringen Drucktiefe während der Herzdruckmassage (Boe et al. 1999, Bohn et al. 2011, ERC 2010, Noordergraaf 2009). Die suffiziente Thoraxkompression ist demzufolge ein wesentlicher Eckpfeiler der CPR (Ko et al. 2005).

Eine zu geringe Drucktiefe zeigte sich in der Studie und den in dieser Arbeit dokumentierten Ergebnissen bei allen Probanden der untersuchten Studiengruppen. Maximal 20% der Kursteilnehmer erreichten die adäquate Drucktiefe von über 50 mm. Damit würde im Realfall einer Reanimation bei weniger Patienten ein Spontankreislauf zurückkehren, als bei Anwendung der minimal empfohlenen Drucktiefe der Leitlinien zu erwarten wäre (Edelson et al. 2006, Kramer-Johansen et al. 2006). Zwischen Kompressionstiefe und -rate lag im Verlauf der Studie lediglich in der Grundkursgruppe eine signifikante Korrelation vor.

Bei der Thoraxkompression bei Erwachsenen besteht bei einer Drucktiefe von 50 – 60 mm grundsätzlich die Gefahr von Verletzungen. Dieser Aspekt, dass bei zu tiefer Kompression

des Brustkorbes das Risiko besteht, die Simulationspuppe oder den Patienten zu schädigen, ist eine mögliche Ursache für die unzureichende Umsetzung der Herzdruckmassage. In diesem Zusammenhang kommt einem realistischen Training für den Erfolg einer qualitativ hochwertigen kardiopulmonalen Reanimation eine besondere Bedeutung zu, denn die effektive Herzdruckmassage ist entscheidend für einen optimalen minimalen Blutfluss zur Versorgung der lebenswichtigen Organsysteme (Christenson et al. 2009, Dellimore et al. 2012). Hier würden, wie auch von den Guidelines 2010 empfohlen, visuelle und akustische Unterstützungssysteme einen positiven Nutzen sowohl in der Trainingsphase als auch im Realfall haben. Die Systeme führen die CPR an den Standard der Leitlinien heran, allerdings nur unter der Voraussetzung ihrer regelmäßigen Anwendung bzw. des wiederholten Übens (Lukas et al. 2010). Eine weitere Ursache der inadäquaten Drucktiefe kann in der nicht korrekten Handposition bei der Ausführung der Herzdruckmassage liegen. Aus diesem Grunde ist es im Rahmen der Ausbildung unverzichtbar, auf dieses Problem seitens der Instruktoren besonders einzugehen und ggf. bei den praktischen Übungseinheiten falsche Handpositionen zu korrigieren. Hierdurch wird eine wichtige Voraussetzung zur Steigerung der Effektivität der Thoraxkompression geschaffen (Berg et al. 2010, Koster et al. 2010).

Der Trainingseffekt von regelmäßiger Wiederholung lässt sich an den Ergebnissen des Reformkurses erkennen. Im Vergleich zum BLS-Grundkurs ist hier eine signifikant höhere durchschnittliche Kompressionstiefe (51 vs. 43 mm, $p < 0,001$) erreicht worden.

6.2.2.3 Entlastung des Brustkorbes

Nach jeder Herzdruckmassage ist der Thorax vollständig zu entlasten, um den venösen Rückstrom nicht zu behindern bzw. durch die Sogwirkung zu unterstützen und somit die Wirksamkeit der Herz-Lungen-Wiederbelebung zu erhöhen (Aufderheide et al. 2005, Yannopoulos et al. 2005). Studien sowohl an Schweinen als auch an Menschen haben gezeigt, dass die unvollständige Entlastung des Brustkorbes einen negativen Einfluss auf den kardialen Output sowie die koronare und zerebrale Perfusion hat (Niles et al. 2011).

53% der Probanden des Grundkurses entlasteten während ihrer CPR-Performance den Brustkorb bei jeder Thoraxkompression vollständig. Hier konnte in den Nachuntersuchungsgruppen ein starker positiver Zusammenhang zwischen der kompletten thorakalen Entlastung und dem Zeitintervall festgestellt werden, teilweise entlasteten über 80% der Teilnehmer alle durchgeführten Herzdruckmassagen komplett. Ein möglicher Grund für die im zeitlichen Verlauf vermehrt gesehenen korrekt entlasteten Thoraxkom-

pressionen könnte in der Einfachheit der Methode liegen, nach jeder Kompression abzuwarten bis der Thorax komplett entlastet ist. Außerdem ist zu berücksichtigen, dass die Probanden beim wiederholten Umgang mit dem entsprechenden Reanimationsphantom besser einschätzen können wann der Brustkorb vollständig entlastet ist bevor sie mit der nächsten Herzdruckmassage fortfahren.

Diese Ergebnisse entsprechen zwar noch nicht dem empfohlenen Leitlinien-Standard, dieser ist aber durch periodisch wiederholtes BLS-Training erlernbar, wie die vorliegende Arbeit zeigt.

6.2.3 Beatmung

6.2.3.1 Initialbeatmungen

Im Rahmen der einzuleitenden Reanimationsmaßnahmen kommt der Thoraxkompression eine vorrangige Bedeutung zu. So wird seit der Einführung der Guidelines 2005 empfohlen, sofort nach Feststellung des Kreislaufstillstandes damit zu beginnen und stattdessen auf initiale Beatmungen zu verzichten. Durch das Weglassen der Initialbeatmungen kommt es außerdem zu einer Vereinfachung des Ablaufs des Basic Life Support. Bei den Untersuchungen am Universitätsklinikum Rostock führten noch 9% der Teilnehmer nach Absolvierung des Grundkurses eine zeitaufwändige Initialbeatmung durch. Positiv gesehen verzichteten 91% der Kursteilnehmer gemäß den neuen Richtlinien vom November 2005 darauf. Die Ursache für dieses zwar nicht optimale, aber trotzdem relativ gute Ergebnis, ist durch die Einfachheit begründet diesen Schritt zu Beginn der Herz-Lungen-Wiederbelebung wegzulassen. Im Verlauf der Studie zeigte sich jedoch wieder eine deutliche Zunahme der prozentual durchgeführten Initialbeatmungen - diese korrelierte positiv mit dem Zeitintervall. Damit ging bei teilweise über einem Drittel der CPR-Anwender wertvolle Zeit bis zum Beginn der Herzdruckmassage verloren. Da ein unverzüglicher Beginn der ununterbrochenen Thoraxkompression die Überlebenschance nach Herzkreislaufstillstand verdoppeln oder verdreifachen und eine Schädigung der Organsysteme minimieren kann (Brindley et al. 2007), kommt es darauf an, diese wertvolle Zeitreserve im Sinne des Patienten zu nutzen. Innerhalb einer Klinik liegt in etwa 60% der Fälle Kammerflimmern als Ursache des Herzkreislaufstillstandes vor (Hendrick et al. 1990, Tortolani et al. 1990). In dieser Situation wird durch das schnellstmögliche Einleiten der Basismaßnahmen eine Konversion des eventuell vorliegenden Kammerflimmerns in einen nicht-defibrillierbaren und damit prognostisch ungünstigen Rhythmus

hinausgezögert. Durch die Anwendung eines AED besteht dadurch weiterhin die Möglichkeit der Terminierung dieser malignen Rhythmusstörung (Hoppe 2011).

Eine Ursache für die erneute Durchführung initialer Beatmungen, besonders in den Nachuntersuchungsgruppen, könnte darin zu finden sein, dass in früheren BLS-Kursen vor der Implementierung der Guidelines 2005 die Initialbeatmung über Jahre eine Standardmaßnahme im Rahmen der Reanimation war. An diese nunmehr veraltete Handlungsempfehlung, die sich durch zuvor absolvierte Weiterbildungen und die Anwendung im klinisch Alltag im Gedächtnis der Teilnehmer manifestiert hatte, erinnerten sich viele der Probanden und führten sie bei vermutlich mangelnden Leitlinienkenntnissen fälschlicherweise durch.

In zukünftigen BLS-Lehrgängen sollte dem BLS-Anwender nachdrücklich vermittelt werden, auf initiale Beatmungen zu verzichten. In diesem Zusammenhang ist der hohe Stellenwert der schnellen und adäquaten Herzdruckmassage hervorzuheben und den Teilnehmern die Schädigung, die durch unnötig angewendete Initialbeatmungen im Organismus auftreten können, zu verdeutlichen. Bei einem primär nicht asphyktischen Kreislaufstillstand ist die Initialbeatmung eine zeitaufwendige und entbehrliche Maßnahme. Das turnusmäßige Wiederholen der Handlungsabläufe hat auch auf die Durchführung der Initialbeatmungen einen Einfluss, führten sie im Grundkurs noch 9% der Teilnehmer durch, so waren es im Reformkurs mit 6% der Teilnehmer signifikant ($p = 0,014$) weniger.

6.2.3.2 Beatmungsfrequenz

Die Beatmungsfrequenz soll gemäß den internationalen Leitlinien des ERC mindestens sechs Beutel-Masken-Beatmungen pro Minute betragen. In der hier vorliegenden Studie erreichten die Teilnehmer des BLS-Grundkurses im Anschluss an den Lehrgang im Mittel eine Beatmungsfrequenz von 2,8 pro Minute und lagen damit deutlich unter dem geforderten Zielwert. Das Ziel von sechs oder mehr Atemzügen pro Minute erreichte nur 1% der Kursteilnehmer. In den Kontrollgruppen zeigte sich über der Zeit eine Zunahme der relativen Häufigkeit von ausreichend durchgeführten Beatmungen pro Minute. Die durchschnittlich erzielten Beatmungsfrequenzen blieben im zeitlichen Verlauf annähernd konstant, sie waren aber immer noch weit unter dem angestrebten Richtwert. Die in der Literatur bei einer Reanimation durch professionelle Helfer beschriebene Gefahr der Hyperventilation bei der Beutel-Masken-Beatmung wurde in keiner der registrierten Untersuchungsgruppen festgestellt (Aufderheide et al. 2004).

Eine Ursache für die negativen Abweichungen der Ergebnisse vom Zielwert ist wahrscheinlich die falsche Handhabung des Beatmungsbeutels. Ein weiterer Grund könnte auch die nicht korrekte Anwendung des C-Griffes zur Abdichtung der Luftbrücke zwischen Beatmungsmaske und Mundraum der Simulatorpuppe sein. Die aufgetretenen Probleme verdeutlichen die Notwendigkeit des Erwerbs von Fertigkeiten zur sicheren Beherrschung der Beatmungstechniken. Da eine regelmäßige Anwendung im regulären Stationsbetrieb nicht gegeben ist, bedarf es eines regelmäßigen Trainings dieser Techniken im Rahmen von BLS-Schulungen bzw. Weiterbildungen. Der positive Effekt von regelmäßigem Training lässt sich an der signifikant besseren Beatmungsfrequenz (6,1 vs. 2,8/min, $p < 0,001$) der Probanden des Reformkurses erkennen. Das Einüben von speziellen Handlungen am Phantom ist gerade für die Beatmung empfehlenswert (Eisenburger et al. 1999). Zur Steigerung des Übungseffektes wäre zumindest für das Training die Anwendung eines Feedbackgerätes möglich, dieses gibt auch für die Beatmung eine akustische Rückmeldung und hieraus resultiert eine Optimierung der Beatmungsrate bei korrekter Anwendung der Beatmungstechnik (Kern et al. 2009, Monsieurs et al. 2005, Williamson et al. 2005). In Studien, die in diesem Zusammenhang durchgeführt wurden, konnte der Nutzen solcher Feedbacksysteme nachgewiesen werden. Vor allem innerklinisch kommt es zu weniger Hyperventilationen unter der Beatmung (Handley et al. 2003, Wik et al. 2001).

6.2.3.3 Beatmungsvolumen

In den registrierten BLS-Algorithmen im Anschluss an den Grundkurs zeigte sich bei den Beatmungsvolumina ein Mittelwert von 0,5 Litern. Dieser Wert lag somit im unteren Grenzbereich des zu erreichenden Beatmungsvolumens. Immerhin erreichte über die Hälfte der Probanden Werte oberhalb des geforderten Mindestwertes. Im weiteren Studienverlauf zeigte sich sowohl ein signifikanter Abfall der durchschnittlich erreichten Beatmungsvolumina in den Nachuntersuchungsgruppen als auch ein abnehmender Anteil an Teilnehmern, die ein ausreichendes Volumen insufflierten. Atemzugvolumina von einem Liter und mehr erreichten in der Grundkurs-Gruppe 19 Teilnehmer, sowie jeweils ein Teilnehmer aus der Nachuntersuchungsgruppe nach 12 und 24 Monaten und ein Proband aus der Folgeevaluation. Hieraus würde im Realfall eine stärkere Magenblähung mit der Gefahr von Regurgitation und Aspiration von Mageninhalt resultieren.

Die registrierten Werte belegen auch hier, dass bereits sechs Monate nach Absolvierung des BLS-Grundkurses eine Abnahme der korrekt ausgeführten Handlungsschritte der Rea-

nimation zu verzeichnen war, mit weiterem Negativtrend in den folgenden Nachuntersuchungsgruppen.

Eine Möglichkeit zur Verbesserung der Ergebnisse besteht, analog zu den Beatmungsfrequenzen, auch hier im wiederholten Training der Beatmungstechnik mit Beutel und Maske an der Simulationspuppe. Das Ziel dieser Übungseinheiten sollte nicht nur darauf gerichtet sein, das optimale Tidalvolumen zu insufflieren, sondern auch die richtige Technik anzuwenden, d.h. keine schnelle und ruckartige Beatmung und das Vermeiden zu hoher Beatmungsdrücke. Dieses Anliegen würde hier ebenfalls ein akustisches Feedbacksystem unterstützen (Aufderheide et al. 2004).

6.2.3.4 Atemminutenvolumen

Das Atemminutenvolumen als resultierendes Produkt aus Beatmungsfrequenz und Atemzugvolumen soll laut den internationalen Empfehlungen einen Wert von zweieinhalb Litern pro Minute nicht unterschreiten (ERC 2005). Bei einem Minimalkreislauf im Rahmen der Wiederbelebung mit reduzierter pulmonaler Perfusion ist dieses im Verhältnis zum Normalzustand geringere Volumen ausreichend, um eine adäquate Oxygenierung und Ventilation sicherzustellen.

In keiner der beteiligten Gruppen wurde im Mittel das angestrebte Volumen erreicht, es kam sogar zu einem zwar nicht deutlichen, aber tendenziell abnehmenden Verlauf über die Zeit. Nicht einmal 20% der Probanden der Grundkurse waren in der Lage, ein ausreichendes Atemminutenvolumen zu erzielen, in den Nachuntersuchungsgruppen fiel die relative Häufigkeit eines ausreichenden Volumens sogar auf Werte von unter 5%.

Als Hauptgrund für die sehr unbefriedigenden Resultate muss die mangelnde Fähigkeit der Probanden bei der Anwendung der Beatmung benannt werden. Die Kursteilnehmer versuchten entweder ausreichende Beatmungsfrequenzen zu erreichen oder ein entsprechendes Tidalvolumen zu insufflieren, beides jeweils zu Ungunsten des anderen Beatmungsparameters. Zusammenfassend zeigt die deutlich schlechte Performance der Beatmung in dieser Studie, dass die Beutel-Maske-Beatmung, obwohl sie als Mittel der ersten Wahl beim medizinischen Fachpersonal empfohlen wird, eine große Herausforderung bei der korrekten Handhabung für den Anwender darstellt. Der schwierige Umgang mit Beutel und Maske für untrainierte Helfer wurde bereits in den letzten Dekaden des vergangenen Jahrhunderts mehrfach postuliert (Dailey 1992, Elam 1977). Trotz immenser Weiterentwicklungen auf dem Gebiet der Beatmungshilfsmittel trifft diese Einschätzung auch heute noch zu. Eine adäquate Nutzung des Reanimationsequipments

im Falle einer innerklinischen Wiederbelebung setzt eine regelmäßige, d.h. mindestens einmal jährliche Schulung in den Techniken der Basismaßnahmen der kardiopulmonalen Reanimation für jeden Klinikmitarbeiter voraus. Im Rahmen dieser Lehrgänge sollte auf die einfache Erklärung der Techniken, v.a. die Anwendung des Beatmungsbeutels und die häufige Wiederholung der Maßnahmen besonders Wert gelegt werden. Einen positiven Einfluss durch wiederholende Trainings zeigen die Ergebnisse des Reformkurses, die Atemminutenvolumina waren signifikant höher (3,1 vs. 1,6 l/min, $p < 0,001$).

6.2.4 Reanimationsrhythmus

Der seit den Neuerungen der Richtlinien 2005 aktuelle Reanimationsrhythmus von 30 Thoraxkompressionen im Wechsel mit zwei Beatmungen soll die Effektivität der Herzdruckmassage erhöhen und folglich einen positiven Einfluss, unter anderem auf den zerebralen Blutfluss, ausüben (ILCOR 2005).

In der vorliegenden Studie führten 87% der Kursteilnehmer des BLS-Grundkurses den zweiminütigen BLS-Algorithmus gemäß den internationalen Empfehlungen im Rhythmus 30 : 2 durch. Angesichts der Tatsache, dass der neue Reanimationsrhythmus im Vorfeld mehrfach besprochen und demonstriert wurde, ist dieser Wert als schlechtes Ergebnis einzustufen. Eine signifikante Abnahme der relativen Häufigkeit von korrekt durchgeführten Reanimationen im Rhythmus von 30 : 2 zeigte sich im zeitlichen Verlauf der Studie. Die im eher gelehrten Rhythmus von 15 : 2 durchgeführten simulierten Wiederbelebungen könnten darin begründet sein, dass ein Großteil der Probanden bereits an früheren Reanimationskursen teilgenommen hat. Vor der Novellierung des Reanimationsrhythmus durch die Guidelines 2005 wurden noch 15 Thoraxkompressionen im Wechsel mit 2 Beatmungen durchgeführt. Diese alten Empfehlungen wurden durch das klinisch tätige Personal nicht nur in den Wiederbelebungskursen, sondern auch im Realfall im Klinikalltag umgesetzt und haben sich demzufolge in den Handlungsschemata der Kursteilnehmer etabliert. Neben dem Hauptaspekt, dem Aufbau eines suffizienten Minimalkreislaufes während der Herz-Lungen-Wiederbelebung stellte die Änderung von 15 Herzdruckmassagen im Wechsel mit zwei Beatmungen zu 30 Kompressionen und ebenfalls zwei Beatmungen zwar eine Vereinfachung des Ablaufs der Basismaßnahmen dar, gleichzeitig war diese Änderung aber auch eine einschneidende Umstellung in der Anwendung. Auf diese Weise sollte das Erwerben von Fertigkeiten und die anschließende praxisrelevante Anwendung erleichtert werden. Dieses Anliegen ist insofern nicht erreicht worden, da die Mehrheit der Teilnehmer der vorliegenden Studie auf den alten Rhythmus

fixiert waren. Außerdem spiegeln die Resultate der Studie wider, dass nur ein Teil der Kursteilnehmer im Realfall in der Lage gewesen wäre, durch die korrekte Anwendung des Reanimationsrhythmus von 30 : 2 den zeitlichen Anteil von mangelnder Perfusion im Hirnparenchym (Olasveengen et al. 2009, Sayre et al. 2009), sowie die Wahrscheinlichkeit von Hyperventilation zu minimieren (Aufderheide et al. 2004). Folglich wäre keine Verbesserung der Überlebensrate beim innerklinischen Kreislaufstillstand zu erwarten. Daher kommt es zukünftig darauf an, durch Anpassung und Intensivierung der Lehrmethoden die Handlungsabläufe bei den Kursteilnehmern hin zum Reanimationsrhythmus von 30 : 2 zu etablieren. Dieses Ziel wurde mit dem sich jährlich wiederholenden Reformkurs erreicht. Hier führten signifikant weniger Probanden (4 vs. 13%, $p < 0,001$) die Reanimation fälschlicherweise im Rhythmus 15 : 2 durch.

6.2.5 "Hands-Off-Time"

Eine weitere Forderung bei der Behandlung von Reanimationspatienten besteht darin, die Unterbrechungen der Herzdruckmassage minimal zu halten (Sayre et al. 2008). Diese Zeiten werden in der Literatur als Hands-Off-Zeiten bezeichnet und beinhalten das Beatmungsintervall, den Helferwechsel und die Anwendung eines AED. Da jede Unterbrechung der Thoraxkompression zum Sistieren des koronaren und zerebralen Blutflusses führt und sich aus diesem Grunde die Erfolgschancen für eine Wiederbelebung mindern (Berg et al. 2001, Christenson et al. 2009), liegt in der Verkürzung der Hands-Off-Zeit eine wichtige Reserve zur Verbesserung der Reanimationsergebnisse.

Die Resultate der vorliegenden Studie waren diesbezüglich ernüchternd, denn keinem der Teilnehmer gelang es, das geforderte Zeitlimit von fünf Sekunden einzuhalten bzw. dieses zu unterbieten. Im Mittel lagen die Pausenzeiten in jeder der Untersuchungsgruppen oberhalb der Zehnsekundenmarke. Zum Teil entsprechen die Durchschnittswerte in etwa dem Wert von 16 Sekunden Hands-Off-Zeit aus anderen Studien (Assar et al. 2000, Chamberlain et al. 2001). Auch im Reformkurs konnte der Grenzwert von fünf Sekunden nicht erzielt werden. Allerdings zeigte sich bereits ein positiver Effekt durch das regelmäßige Wiederholen, denn die Hands-Off-Zeit war mit sechs Sekunden deutlich kürzer ($p < 0,001$) als die 12 Sekunden des BLS-Grundkurses.

Angesichts dieser enttäuschenden Ergebnisse, dass die Unterbrechung der Herzdruckmassage von maximal fünf Sekunden auch im Reformkurs nicht erreicht wird, lässt sich darüber diskutieren ob diese unrealistisch erscheinende Forderung weiterhin aufrecht zu erhalten ist oder doch besser angepasst werden sollte. Hier ist im Rahmen von

regelmäßigen Auffrischkursen das Einhalten der Hands-Off-Zeit entsprechend zu forcieren um das Outcome nach einem Herzkreislaufstillstand zu verbessern.

Als Schlussfolgerung aus den bereits in der Vergangenheit ermittelten Werten und den Daten dieser Studie ist das turnusmäßige Trainieren von Beatmung mittels Beutel und Maske während der BLS-Fortbildungen das probate Mittel, um das kompressionsfreie Intervall zu verkürzen. Die Notwendigkeit, die Fertigkeiten der Anwender bei der Beutel-Masken-Beatmung weiter zu entwickeln, lässt sich damit begründen, dass diese Methode nach wie vor das zu bevorzugende Verfahren für professionelle Helfer im Rahmen des Basic Life Support darstellt. In den Übungsphasen ist der Einsatz von optisch-akustischen Feedbackgeräten zu empfehlen.

6.2.6 Fragebogen

Bei der Ausbildung von Ärzten, Pflegepersonal und anderem medizinischem Fachpersonal mit engem Patientenkontakt in den Basismaßnahmen der Herz-Lungen-Wiederbelebung sind nicht nur die technischen Fertigkeiten relevant, sondern vor allem auch ein entsprechend hoher Grad an theoretischem Wissen über die durchzuführenden Maßnahmen. Gerade im innerklinischen Bereich sind die Kenntnisse um den BLS-Algorithmus notwendige Voraussetzung für eine weitere Verbesserung der Reanimationsergebnisse. Verankert sind die Grundlagen des Basic Life Support in den jeweils aktuellen und wissenschaftlich begründeten Reanimationsleitlinien der entsprechenden Fachgesellschaften. Diese basieren auf klaren, überzeugenden und praxisnahen Empfehlungen. Im Ergebnis der Kölner Hypertonie-Evaluations-Projekt (HEP) - Studie wurde allerdings herausgefunden, dass sich weniger als ein Viertel der Ärzte bei der Lösung von Problemen an Richtlinien orientiert (Karbach et al. 2011).

Die Ursachen für eine insgesamt zu geringe Beachtung von Handlungsanweisungen können vielschichtig sein, ihre Akzeptanz hängt letztlich von der kognitiven Komponente des Lernprozesses ab. Im Verlauf dieser Studie wurde der Lernerfolg bezüglich der Leitlinieninhalte durch die Beantwortung von fünf Fragen evaluiert. Die Ergebnisse zeigen, dass direkt im Anschluss an den BLS-Lehrgang 82% der Probanden alle Fragen korrekt beantwortet haben. Dieser Wert reduzierte sich nach sechs Monaten bereits um die Hälfte. In den Nachuntersuchungsgruppen wurden zum Großteil eine Frage bzw. zwei Fragen falsch beantwortet. Im Mittel wurden während des BLS-Grundkurses 96% der Fragen richtig beantwortet, nach sechs Monaten nur noch 81% mit weiter fallender Tendenz bis auf 76% nach 24 Monaten. Dieser Zusammenhang entspricht dem Ergebnis

einer finnischen Studie, in der bereits nach einem halben Jahr das theoretische Wissen zum Inhalt der Wiederbelebung unzureichend war (Nyman et al. 2000).

Im Hinblick auf die Frageninhalte zum Thema Initialbeatmung gab es besonders große Unsicherheiten. Die Frage „3“, bei der die Anzahl der zulässigen Initialbeatmungen anzugeben war, beantworteten durchschnittlich nur 68% der Studienteilnehmer richtig, mit umso weniger korrekten Antworten, je länger der Grundkurs zurück lag. Diese Tatsache widerspiegelte sich ebenfalls bei der praktischen Durchführung der initialen Beatmungen, in einer unzureichenden Konditionierung der Studienteilnehmer. Eine ähnlich negative Korrelation zeigte sich bei der Frage „2“ zur Pulskontrolle beim reanimationspflichtigen Patienten, bei der Frage „4“ zum Reanimationsrhythmus von 30 : 2 und bei der Frage „5“ zur Indikation der Beendigung einer Wiederbelebung, wobei bei den beiden letztgenannten Fragen der Zusammenhang signifikant war. Bei der Frage „4“, die auf den neuen Reanimationsrhythmus gerichtet war, zeigte sich wie auch bei den praktischen Übungen, dass bei größer werdenden Zeitintervallen das erworbene Wissen zunehmend in Vergessenheit geriet. Bei der Beantwortung der fünften Frage lagen trotz der negativen Korrelation über der Zeit im Mittel über 90% der Teilnehmer mit ihrer Lösung richtig - gefragt wurde hier nach einem Grund zur Beendigung der Reanimationsmaßnahmen. Pulskontrolle war der Inhalt der Frage „2“ und der Mittelwert der korrekten Beantwortung dieser Frage über der Zeit lag bei rund 80%. Die bezüglich der theoretischen Kenntnisse um die Inhalte des Basic Life Support ohnehin schon unbefriedigenden Resultate verschlechterten sich zunehmend in Abhängigkeit von der Zeit, die zwischen der Wissensvermittlung im Grundkurs und der Nachuntersuchung lag. Im Rahmen der Studie konnte allerdings nicht berücksichtigt werden, ob bzw. in welchem Umfang sich die Probanden auf den Lehrgang und die damit einhergehenden Kontrollen vorbereitet haben. Grundsätzlich erzielten Teilnehmer bessere Ergebnisse, wenn sie sich in irgendeiner Art und Weise auf den Kurs vorbereiten (Arnesdatter Hopstock 2008). Bei der Auswertung der Ergebnisse zum Kenntnisstand der Probanden ist zu beachten, dass ein Großteil der Studienteilnehmer bereits vor Implementierung der Guidelines 2005 an Reanimationskursen teilgenommen hat. Hier wurden sie nach den damals empfohlenen und heute obsoleten Standards ausgebildet. Als besonderer Umstand ist zu erwähnen, dass bei den Multiple-Choice-Fragen Antworten vorgegeben waren, die den veralteten Leitlinien entsprachen. Dies betrifft sowohl die Initialbeatmung als auch den Reanimationsrhythmus und die Pulskontrolle. In Anbetracht der mangelnden Kenntnisse der neuen Leitlinien bzw. der naturgemäßen Abnahme der Kompetenz der Reanimationsempfehlungen unter den

Probanden ist die falsche Auswahl der Antworten gemäß veralteter Leitlinieninhalte in diesem Kontext zu sehen.

Um diesen natürlichen Wissensverlust bei fehlendem klinischen Bezug im Verlauf der Zeit zu minimieren, bedarf es einer regelmäßigen Auffrischung der Kenntnisse, gepaart mit praktischen Übungen (Knowles et al. 2005). Zur effizienteren Wissensvermittlung und zum besseren Verständnis der Themeninhalte ist neben der praktischen Anwendung dieser, eine Kombination von klassischem Unterricht an der Tafel und der Nutzung von Multimediaquellen, wie Computerpräsentationen und Lehrvideos, zu empfehlen (Khan et al. 2012, Soar et al. 2010). Das Wissen um die entsprechenden evidenzbasierten Leitlinieninhalte vereinfacht die Arbeit, hilft bei Problemlösungen und führt zu einer verbesserten Überlebenschance für den Patienten.

6.3 Reflexion

Bei der Betrachtung der BLS-Algorithmen stehen vor allem die Parameter der Herzdruckmassage im Vordergrund. In Studien am Tiermodell konnte belegt werden, dass die alleinige Thoraxkompression ohne Unterbrechung durch Beatmung signifikant das neurologische Outcome verbessert (Ewy et al. 2007). Aus dieser Erkenntnis ergibt sich per se die Handlungsfolge für erfolgreiche Reanimationen. Um die Rate von lediglich 15 - 20% erfolgreicher Reanimationen (Peberdy et al. 2003, Sandroni et al. 2007) zu steigern, ist der Thoraxkompression der Vorzug gegenüber der Beatmung zu geben. Die vorliegenden Resultate der Studiauswertung decken sowohl Defizite bei der Durchführung der Herzdruckmassage, als auch bei der Anwendung der Beutel-Masken-Beatmung auf. Aus den vorliegenden Untersuchungen wird besonders ersichtlich, dass die ohnehin schon schlechten Ergebnisse bei den Beatmungsparametern im negativen Sinne untereinander korrelieren. Hier kann grundsätzlich gesagt werden, dass bei den Wiederbelebungsmaßnahmen vor allem auf die korrekte Umsetzung der Thoraxkompression zu achten ist. Jedem BLS-Anwender sollte bewusst gemacht werden, dass der Patient durch zeitintensive Beatmungsmanöver im Rahmen des BLS nicht profitiert und ihm infolgedessen eine suffiziente, mit kurzen Hands-Off-Zeiten einhergehende Thoraxkompression vorenthalten wird. Folgerichtig muss gerade bei der Ausbildung in den Basismaßnahmen der Herz-Lungen-Wiederbelebung besonders auf die Umsetzung einer adäquaten Kompression des Brustkorbes geachtet werden. In zukünftigen Revisionen der Guidelines könnte folgerichtig auf das Erlernen der ohnehin schwierigen Beatmung verzichtet werden.

In einer Vielzahl von Studien wurden Wiederbelebungskurse für professionelles Hilfspersonal untersucht. Im Ergebnis dieser Studien wurde ebenfalls herausgefunden, dass die Leistungen der Teilnehmer unmittelbar nach dem Kurs nicht optimal waren - die Herzdruckmassagen waren entweder nicht tief genug oder der Thorax wurde nicht vollständig entlastet (Abella et al. 2005, Wik et al. 2005). Dabei steht und fällt das Outcome nach stattgefundenem Herzkreislaufstillstand mit der Qualität der kardio-pulmonalen Reanimation (Abella et al. 2005, Kramer-Johansen et al. 2006). Als Ursachen für die aufgetretenen Defizite werden die mangelnde Zeit für praktische Übungen und die Komplexität der durchzuführenden Handlungsschritte im Rahmen der Herz-Lungen-Wiederbelebung angeführt und diskutiert. Die Basiswiederbelebung ist ein komplexer motorischer Handlungsablauf, der aus dem Stehgreif ohne Fehler nur schwierig zu erlernen und auszuführen ist (Thoren et al. 2001). Bei seltener Wiederholung ist die Durchführung der verschiedenen Komponenten einer Reanimation und der Ablauf der entsprechenden Handlungsschritte ineffektiv (Hamilton 2009). Auch in dieser Studie sind die Ergebnisse der praktischen Handlungen suboptimal, was durch fehlendes Training und die zu seltene Anwendung im Klinikalltag erklärbar ist.

Eine Möglichkeit, um den Lernerfolg zu steigern, ist es, sinnvollerweise die Simulationsübungen unter Supervision nach dem Prinzip „learning by doing“ durchzuführen. Damit können die aufgetretenen Fehler zukünftig vermieden werden. Dies wird im klinischen Alltag jedoch relativ schwierig zu gestalten sein. Die zu bewältigenden Probleme resultieren zum einen aus den mit rund 16 Teilnehmern relativ großen Gruppen und zum anderen werden in einem solchen BLS-Kurs für Pflegepersonal nicht immer alle Kursteilnehmer aus der gleichen Fachabteilung sein. Allein die Aufrechterhaltung des täglichen Stationsbetriebes lässt dies nicht zu. Hieraus resultiert jedoch der Nachteil, dass es unter den genannten Rahmenbedingungen nicht möglich ist, die theoretischen Kursinhalte an die jeweiligen Anforderungen der einzelnen Teilnehmergruppen anzupassen. Diese Differenzierung zwischen den einzelnen Kursen wäre aber notwendig, gerade um das mangelnde Verständnis bzw. das nicht ausreichende Hintergrundwissen bzgl. der neuen Richtlinien zu verbessern. Des Weiteren lassen der zeitlich begrenzte Rahmen einer Schulung in Basic Life Support und die knappen personellen Ressourcen eine Eins-zu-Eins-Betreuung nicht zu - selbst wenn der Kursleiter nicht zwangsläufig Arzt sein muss und Fachpflegepersonal als Ausbildungspersonal eingesetzt wird. Zur Relativierung des Problems wäre eine Unterrichtsgestaltung weg vom klassischen Frontalunterricht hin zum visualisierten Lernprozess unter Zuhilfenahme von Filmsequenzen,

PowerPoint-Präsentationen und praktischen Demonstrationen ein praktikabler Lösungsansatz. Da die normale Aufmerksamkeitsspanne eines Erwachsenen nur etwa 20 Minuten beträgt (David 1996), wäre es ebenfalls von Vorteil, den Lehrgang in die einzelnen Themenbereiche der Reanimation, jeweils bestehend aus theoretischer Wissensvermittlung und anschließender praktischer Anwendung, zu gliedern.

Zur Verbesserung der praktischen Fähigkeiten bei gleichzeitiger Schonung der personellen Ressourcen, wäre der Einsatz von Feedbackgeräten hilfreich. Sie dienen nicht nur der Qualitätsverbesserung der Reanimation im Realfall, sondern kontrollieren auch die Trainingsqualität. Die bei einigen Geräten mögliche Datenspeicherung könnte sowohl im Anschluss an ihre Nutzung zur Auswertung und Optimierung der einzelnen Handlungsabläufe der Wiederbelebung herangezogen, als auch zu einem späteren Zeitpunkt abgerufen werden. Es gibt Studien, die eine nachhaltige signifikante Verbesserung der Reanimationsqualität durch den Einsatz von Feedbackgeräten belegen. Dies gilt sowohl für Laien und Rettungsdienstpersonal präklinisch, als auch im Krankenhaus (Abella et al. 2007, Kramer-Johansen et al. 2006, Lukas et al. 2011, Skorning et al. 2011).

Ob der durch BLS-Schulung eventuell erzielte Leistungsgewinn nur kurzfristig war oder Nachhaltigkeitscharakter besitzt, lässt sich in Folgeuntersuchungen kontrollieren (Kauffeld 2010). Im Rahmen der vorliegenden Studie wurden die Kennzeichen der Herz-Lungen-Wiederbelebung in jeder der Gruppen registriert und anschließend bezüglich ihrer Dynamik im zeitlichen Verlauf ausgewertet. Dies erfolgte sowohl anhand der relativen Häufigkeiten, gemäß der in den ERC-Guidelines 2005 vorgeschriebenen Sollwerte dieser Variablen, als auch unter Zuhilfenahme der erreichten Mittelwerte der entsprechenden Studiengruppen. Die vorliegenden Daten der Studie zeigen bereits nach sechs Monaten eine Abnahme sowohl der relativen Häufigkeit korrekt durchgeführter Maßnahmen, als auch der Mittelwerte der registrierten Parameter. Zu nennen sind dabei die Anwendung des Reanimationszyklus von 30 Herzdruckmassagen und zwei Beutel-Masken-Beatmungen, Beatmungsvolumen und erreichtes Atemminutenvolumen, sowie Kompressionsrate und -tiefe. Außerdem nahm im Zeitverlauf die relative Häufigkeit durchgeführter Initialbeatmungen und fehlender Entlastung des Thorax während der Herzdruckmassage zu.

Die erfassten Daten der Studie an der Universitätsmedizin Rostock sind hinsichtlich eines zu verzeichnenden Leistungsabfalls nach sechs Monaten vergleichbar mit dem Göttinger Pilotprojekt, in dem die Anwendung der Herz-Lungen-Wiederbelebung durch Laienhelfer untersucht wurde. Hier führten lediglich noch 66,75% der Probanden nach einem halben Jahr die Reanimation nach den Richtlinien der American Heart Association durch. Nach 12

bzw. 24 Monaten wurde die Wiederbelebung nur noch zu 23,5% bzw. 21,1% nach den internationalen Guidelines angewendet (Bahr et al. 2001). Andere internationale Studien zeigen, dass CPR-Handgriffe bei Nichtanwendung schon nach kurzer Zeit vergessen sind, vereinzelt werden sogar Zeiträume von nur einem Monat beschrieben (Heidenreich et al. 2004, Nishiyama et al. 2008, Nolan et al. 2010). Die in der vorliegenden Studie ermittelten und ausgewerteten Daten entsprechen internationalen Publikationen, die Wiederholungskurse nach sechs bis 12 Monaten empfehlen (Baskett et al. 2005). Dieser zeitliche Abstand für die Wiederholung von BLS-Lehrgängen ist opportun, um den Ablauf und die Technik der einzelnen Handlungsschritte zu trainieren, dem natürlichen Vergessensprozess von Wissen vorzubeugen und ggf. neue Inhalte gemäß internationaler Richtlinien zu integrieren. Trotz hoher Kosten für Equipment und Personal und einem umfangreichen Zeitaufwand für Schulungen der klinisch tätigen Mitarbeiter ist die innerklinische Herz-Lungen-Wiederbelebung noch immer nicht auf einem zufrieden stellenden Niveau. Nur ca. 20% der Patienten mit einem Kreislaufstillstand im Krankenhaus überleben (Weil et al. 2005).

6.3.1 Schlussbetrachtung des reformierten BLS-Kurses

Die stichprobenartige Auswertung von Trainingsergebnissen des reformierten BLS-Kurses mit einer Kursdauer von zwei Unterrichtsstunden im ersten Quartal 2011 erfolgte zur Kontrolle der Effektivität des neuen Kurskonzeptes. Ziel der Durchführung der Lehrgänge mit einer Dauer von zwei statt der vom ERC empfohlenen acht Unterrichtseinheiten war die Minimierung des zeitlichen Aufwandes für Ausbilder und Teilnehmer und folglich die Gewährleistung einer jährlichen Schulung für das gesamte klinisch tätige Personal der Universitätsmedizin Rostock. Außerdem führt die Optimierung der Kurse auch zu einer Kostenreduzierung, klinikinternes Personal wird eingespart bzw. kann für andere Aufgaben und Funktionen eingesetzt werden.

Um die 2000 Mitarbeiter der Universitätsmedizin Rostock regelmäßig, also jährlich zu schulen, wären bei einer vom ERC empfohlenen Kurslänge von 8 Unterrichtsstunden für BLS-Kurse inklusive Kursvor- und nachbereitung 16.000 Arbeitsstunden erforderlich (Wollard et al. 2006). Durch die Verkürzung der Lehrgangsdauer auf zwei Unterrichtseinheiten reduzierte sich der zeitliche Aufwand im Vergleich zur ERC-Empfehlung auf ca. 4000 Arbeitsstunden pro Jahr. Damit wäre die regelmäßige Schulung des medizinischen Fachpersonals gewährleistet.

Im Vergleich der reformierten BLS-Kurse mit dem BLS-Grundkurs der Studie fielen signifikante Unterschiede auf. Im Mittel wurde während der Folgeevaluation im Reformkurs ein höheres Atemminutenvolumen (3,1 vs. 1,6 l/min), eine höhere Beatmungsfrequenz (6,1 vs. 2,8/min), eine höhere Kompressionsrate (117 vs. 106/min) und eine höhere Kompressionstiefe (51 vs. 43 mm) erreicht. Ebenfalls signifikant kürzer war die sogenannte Hands-Off-Zeit (6 vs. 12 s), also die Pausenzeit zwischen zwei aufeinanderfolgenden Zyklen von 30 Thoraxkompressionen. Obwohl dieser Wert zwar deutlich besser war als in der Grundkurs-Gruppe, lag er trotzdem noch nicht in dem von AHA und ERC vorgegebenen Zielbereich von unter fünf Sekunden. Desweiteren wurden in den Evaluationskursen deutlich weniger Initialbeatmungen (6 vs. 9%) durchgeführt und nur noch von drei Kursteilnehmern (4 vs. 13%) der alte Reanimationsrhythmus von 15 Herzdruckmassagen und zwei Beatmungen angewendet. Alles in allem zeigen die Ergebnisse eine deutlich effektivere kardiopulmonale Wiederbelebung, sie ist die Grundlage für eine bessere Überlebenschance und ein adäquates neurologisches Outcome für Patienten nach innerklinischem Herzkreislaufstillstand. Bei den Ergebnissen des reformierten BLS-Kurses ist zu beachten, dass die stichprobenartig registrierten Probanden, im Gegensatz zu den Teilnehmern des Grundkurses und der Nachuntersuchungsgruppen, bereits an den jährlich stattfindenden BLS-Auffrischkursen teilgenommen haben. Allein die Unterschiede bei der Durchführung der Thoraxkompression waren während der Folgeevaluation signifikant besser als im BLS-Grundkurs. Somit ist hier bereits ein Erfolg der turnusmäßigen Wiederholung der BLS-Algorithmen zu verzeichnen und es gilt den Optimierungsprozess weiter zu forcieren.

Letztendlich kommt man Bezug nehmend auf die Ergebnisse der regelmäßig an den Auffrischkursen teilnehmenden Probanden der reformierten und optimierten BLS-Kurse zu der Schlussfolgerung, dass die Anpassung und Verkürzung des BLS-Kurskonzeptes einerseits zu einer Zeit- und Kostenersparnis führt und andererseits zumindest im Simulator- bzw. Trainingsbetrieb zu einer suffizienteren Herz-Lungen-Wiederbelebung führen kann. Um vorausblickend auf lange Sicht eine Verbesserung der Reanimationsperformance auch im Klinikalltag umsetzen zu können, sind kontinuierlich Wiederholungen des BLS-Trainings für jeden Klinikmitarbeiter der Universitätsmedizin Rostock erforderlich.

6.4 Studienlimitierung

Limitiert wurde die vorliegende Studie durch die Beschränkung der Untersuchung auf die Ein-Helfer-Methode. Innerhalb einer Klinik ist binnen kürzester Zeit mindestens ein wei-

terer Helfer zur Unterstützung vor Ort. Bei der klinisch bevorzugten Zwei-Helfer-Methode wäre gerade bei den Hands-Off-Zeiten so eine Optimierung möglich. Des Weiteren können mehrere Helfer auch auf ein weitaus größeres Spektrum kognitiver Ressourcen zurückgreifen und folglich mehr Informationen aufnehmen und verarbeiten, Situationen besser analysieren und eventuelle Handlungsschritte anpassen (Pierre et al. 2011).

Der zweiminütige BLS-Algorithmus wurde im Rahmen dieser Studie aus Gründen besserer Erzierbarkeit und Zuordnung der gemessenen Parameter als Ein-Helfer-Methode durchgeführt. Prinzipiell ist jedoch die Zwei-Helfer-Methode der Ein-Helfer-Methode vorzuziehen, um v.a. Hands-Off-Zeiten zu minimieren. Die Ein-Helfer-Methode ist zusätzlich ein weiterer Grund für die Begrenzung der registrierten Algorithmen auf zwei Minuten, da im Realfall aufgrund zunehmender Erschöpfung der Helfer alle zwei Minuten ein Helferwechsel erfolgen soll (Sugerman et al. 2009).

Ein weiterer limitierender Faktor ist die intrinsische Lernmotivation des einzelnen Teilnehmers. Diese ist im Allgemeinen unabhängig von der Lehrgangsqualität. Abhängig ist sie jedoch davon, wie interessant, wie nützlich und wie wichtig das Thema für jedes Individuum ist (Duncan et al. 2005, Eccles et al. 2002, Pintrich et al. 2002). Demzufolge interpretiert jeder Proband die Relevanz eines solchen Trainings individuell. Die Motivation von Mitarbeitern, die in Hochrisikobereichen für einen Herzstillstand arbeiten, ist z.B. weitaus höher als bei Mitarbeitern anderer Bereiche (Arnesdatter Hopstock 2008). Dementsprechend weisen auch die Ergebnisse bei der Umsetzung der technischen Fähigkeiten des BLS-Algorithmus und bei der theoretischen Lösung der Fragen Unterschiede auf, d.h. gerade bei Personal aus den Hochrisikobereichen für einen Herzkreislaufstillstand ist davon auszugehen, dass die Durchführung der BLS-Maßnahmen und das fachliche Hintergrundwissen zur CPR deutlich besser ist.

Zu bedenken ist außerdem, dass zum Inhalt des Basic Life Support gegenwärtig auch die Anwendung eines AED zählt (Timmermann et al. 2005), wie er auf jeder patientenführenden Station der Universitätsmedizin Rostock zu finden ist. Auch dieser würde im Falle seines Einsatzes die Hands-Off-Zeiten verlängern. Zur Gewährleistung einer besseren Reproduzierbarkeit der Basismaßnahmen mit vier bis fünf Zyklen von 30 Thoraxkompressionen und zwei Beutel-Masken-Beatmungen wurde im Rahmen dieser Studie jedoch auf die Anwendung eines AED verzichtet. Das Hauptaugenmerk lag auf der Erfassung der Qualitätsziele der einzelnen manuellen Interventionen der kardio-pulmonalen Reanimation entsprechend der Vorgaben der Leitlinien und auf der Vermittlung der theoretischen Grundlagen.

Während der Durchführung der Beutel-Masken-Beatmung wurden lediglich die erzielten Volumina und die Anzahl der Beatmungen pro Minute aufgezeichnet. Für die optimale Auswertung der Beatmungstechnik wären noch Angaben über die erzielten Beatmungsdrücke und die Inspirationszeiten erforderlich. Diese zusätzlichen Parameter waren aber nicht Gegenstand der Untersuchungen.

Physiologische Effekte, wie körperliche Erschöpfung, Muskelzerrungen oder Rückenschmerzen hinsichtlich der Limitierung von Studienergebnissen bezüglich der Performance der Herzdruckmassage konnten bei dem relativ kurzen BLS-Algorithmus von zwei Minuten Dauer nahezu ausgeschlossen werden.

Obwohl Studien anhand von Simulationskonzepten, wie sie auch in der Pilotenausbildung zum Standard gehören, äußerst sinnvoll sind, kann der Einfluss von Methoden der Fort- und Weiterbildung nicht direkt auf das Outcome von Patienten mit Herzkreislaufstillstand übertragen werden. Zur Klärung der Frage, in welchem Umfang bzw. Abhängigkeitsgrad zwischen ihnen Kausalbeziehungen bestehen, sind weitere wissenschaftliche Forschungen notwendig (Nolan et al. 2010).

Ein weiterer Aspekt, der im Rahmen dieser Studie nicht betrachtet wurde, jedoch Gegenstand weiterer Untersuchungen sein sollte, wäre die Entwicklung der BLS-Performance nach Einführung der jährlichen Fortbildungen. Hierfür wäre die Erhebung von Daten erforderlich, die zeigen, welche Auswirkung die regelmäßige Wiederholung von BLS-Schulungen auf die praktische Umsetzung der Basiswiederbelebung hat. Insbesondere sollte eine entsprechende Analyse dahingehend erfolgen, ab der wievielten Schulung ein adäquater Erfolg einsetzt.

6.5 Ausblick

Aus den Ergebnissen der vorliegenden Studie lassen sich mögliche Konzepte zur Anpassungen zukünftiger Leitlinien ableiten. Die Studiendaten legen Nahe dass zumindest für den Basic-Life-Support im innerklinischen Bereich auf die Anwendung der für Ungeübte technisch schwierigen Beatmung mit Beutel und Maske verzichtet werden kann. Zum einen kann dadurch die Hands-Off-Zeit deutlich zum Wohle des Patienten verkürzt werden und zum anderen ist gerade in einer Klinik zeitnah das Reanimationsteam vor Ort, welches besser in der manuellen Beatmung geschult ist und erweiterte Maßnahmen der CPR durchführen kann. Jährliche Schulungen für das gesamte Pflegepersonal sind klar zu empfehlen, nicht nur um die praktischen Fähigkeiten zu verbessern, sondern auch um aktuelle Neuerungen und Erkenntnisse aus der Forschung auf dem Gebiet der

Reanimatologie zeitnah in neue Algorithmen zu integrieren. Um ein ausreichendes Herzzeitvolumen zu generieren und damit die Überlebenschance eines Patienten mit Herzkreislaufstillstand zu verbessern sollte die leitlinienkonforme Anwendung der Thoraxkompression im Focus stehen. Weiterhin legen die Studienresultate nahe, dass beim turnusmäßigen Training der Herz-Lungen-Wiederbelebung durchaus eine reduzierte Kursdauer empfohlen werden kann. Weitere Langzeituntersuchungen dieser Reformkurse im Verlauf könnten weitere Erkenntnisse dahingehend liefern wie nachhaltig und effektiv diese Kursform ist. In den auf zwei Stunden verkürzten Lehrgängen sollte zur Aufrechterhaltung der Aufmerksamkeit beim Teilnehmer ein guter Kompromiss zwischen Theorie und Praxis gefunden werden. Im Theorieteil sollte besonders auf neue Inhalte gerade im Bezug auf veraltete und heute obsolete BLS-Maßnahmen eingegangen werden. Eine kürzere Dauer der BLS-Kurse ist auch eine Voraussetzung dafür, eine jährliche Schulungen aller Klinikmitarbeiter gewährleisten zu können und gleichzeitig Personal und Kosten einzusparen. Eine weitere Möglichkeit Reanimationskurse, zumindest innerklinisch interessanter und praxisrelevanter zu gestalten wäre es die Kurse nach Klientel zu organisieren, d.h. entsprechend der medizinischen Fachrichtungen.

Diese Empfehlungen dienen der Qualitätssicherung des innerklinischen BLS durch medizinisches Fachpersonal und können nicht ohne weiteres auf die außerklinische Laienreanimation übertragen werden – mit einer Ausnahme, der Thoraxkompression. Bei jeder Herz-Lungen-Wiederbelebung, egal ob vom medizinischen Laien oder erfahrenen Rettungsmediziner durchgeführt, steht und fällt die Prognose eines Patienten mit Herzkreislaufstillstand mit der Qualität der schnellstmöglich begonnenen Herzdruckmassage.

7 Zusammenfassung

Das Ziel der vorliegenden prospektiven Longitudinalstudie war, die Effektivität der BLS-Ausbildung in einem dezentralen Maximalversorgungsklinikum vor dem Hintergrund internationaler Empfehlungen zu betrachten. Dabei waren sowohl die praktischen Leistungen, als auch die theoretischen Kenntnisse der Probanden Gegenstand der Untersuchungen. Darüber hinaus galt es, einen reformierten BLS-Lehrgang auf seine Qualität hin auszuwerten.

Im Rahmen der Studie wurden 426 medizinische Mitarbeiter der Universitätsmedizin Rostock in Maßnahmen des Basic Life Support geschult. Im Anschluss an den Grundkurs erfolgte die Registrierung der technischen Fertigkeiten in einem zweiminütigen BLS-Algorithmus mit Aufzeichnung der relevanten Kenngrößen der Herz-Lungen-Wiederbelebung. Zusätzlich mussten sich die Kursteilnehmer einem Wissenstest unterziehen, der aus fünf Multiple-Choice-Fragen bestand. Zur Betrachtung des Transfers von praktischen Fähigkeiten und theoretischen Kenntnissen in den Klinikalltag wurden die Ergebnisse nach 6 und 18 Monaten von 15 Teilnehmern, sowie nach 12 und 24 Monaten von 25 Teilnehmern erneut kontrolliert. Zur Einordnung der Leistung von Mitarbeitern der Universitätsmedizin Rostock, die in BLS geschult wurden und an den jährlichen Auffrischungstrainings teilgenommen haben, wurden die Resultate von 70 stichprobenartig ausgewählten Probanden im ersten Quartal 2011 mit denen des BLS-Grundkurses verglichen.

Die Auswertung der Daten zeigte, dass die Durchführung der BLS-Maßnahmen selbst direkt im Anschluss an den Grundkurs nicht optimal war. So waren bei Teilnehmern graduell unterschiedliche Defizite bei der Umsetzung der Beutel-Masken-Beatmung und bei der Durchführung der für das Überleben im Falle eines Herzkreislaufstillstandes essentiellen Herzdruckmassage feststellbar. Im Abstand von sechs Monaten zum Grundkurs zeigten sich teilweise deutliche Qualitätsverluste der BLS-Performance. Dieser negative Trend setzte sich zum Teil signifikant in den weiteren Nachuntersuchungsgruppen fort. Eine ähnliche Entwicklung spiegelt sich auch bei den Untersuchungen zum theoretischen Wissensstand wider. Im Vergleich zu den Daten des Grundkurses aus dem zweiten Quartal 2007 entsprechen die Ergebnisse der Folgeevaluation aus dem ersten Quartal 2011 zwar nicht in jedem Fall dem Leitlinien-Standard, aber zumindest liegen die

ermittelten durchschnittlichen Werte im durch das ERC vorgegebenen Zielbereich, mit Ausnahme der Hands-Off-Zeiten.

Abschließend kann festgestellt werden, dass sich der reformierte BLS-Kurs der RoSaNa nach vier Jahren in der Praxis bewährt hat. Die vom ERC empfohlene Unterrichtszeit von acht Stunden für einen BLS-Kurs ist aus ökonomischer Sicht bei einem Krankenhaus mit über 2000 Mitarbeitern nicht realisierbar. Ein reformierter Zwei-Stunden-BLS-Kurs, der für alle Mitarbeiter in der Patientenversorgung verpflichtend ist, scheint mit einem jährlichen Schulungsintervall ein guter Kompromiss zu sein. So sind die guten Ergebnisse in Bezug auf den BLS-Grundkurs als großer Erfolg zu werten. Darüber hinaus hat sich durch die hypothetische Verkürzung der Lehrgangsdauer von den vom ERC empfohlenen acht Unterrichtseinheiten auf zwei Einheiten, wie es an der Universitätsmedizin Rostock im Reformkurs gehandhabt wird, der jährliche Arbeitsaufwand rechnerisch von 16.000 auf 4.000 Arbeitsstunden reduziert. Dieser drastischen Reduzierung des Stundenvolumens steht jedoch ein unschätzbarer Vorteil gegenüber, die Gewährleistung turnusmäßiger Schulungen für das gesamte medizinische Personal der Universitätsmedizin Rostock. Bei der Umsetzung der Reanimationsrichtlinien muss es schwerpunktmäßig darum gehen, aufgetretene Defizite durch regelmäßige Wiederholungen zu minimieren. Dies gilt besonders bei der Durchführung von Thoraxkompression und Beatmung. Die praktische Umsetzung der Ergebnisse dieser Studie, die langfristig die Überlebensrate von Patienten mit innerklinischem Herzkreislaufstillstand deutlich verbessern könnte, setzt regelmäßige BLS-Schulungen und einen weiteren Optimierungsprozess voraus. Diese müssen mindestens einmal pro Jahr, für das gesamte Klinikpersonal mit Patientenkontakt obligat bleiben, denn jeder, der in die Versorgung von Patienten involviert ist und im Rahmen seiner Tätigkeit mit einem Kreislaufstillstand konfrontiert werden kann, muss ausbildungsmäßig auf dem Stand sein, dieses kritische Ereignis schnell und fachgerecht zu behandeln.

8 Literaturverzeichnis

- (1) Abella BS, Alvarado JP, Myklebust H et al. Quality of cardiopulmonary resuscitation during in-hospital cardiac arrest. JAMA 2005;293:305-310
- (2) Abella BS, Edelson DP, Kim S et al. CPR quality improvement during in-hospital cardiac arrest using a real-time audiovisual feedback system. Resuscitation 2007;73:54–61
- (3) Abella BS, Sandbo N, Vassilatos P et al. Chestcompression rates during cardiopulmonary resuscitation are suboptimal: a prospective study during in-hospital cardiac arrest. Circulation 2005;111:428–434
- (4) Abou-Elhamd KE, Al-Sultan AI, Rashad UM. Simulation in ENT medical education. J Laryngol Otol 2010;124:237-241
- (5) Adams HA, Maisch S, Standl T, Notfallmedizin heute. AINS 2003;38:282-295
- (6) Arnesdatter Hoptstock L Motivation an adult learning: A survey among hospital personnel attending a CPR course. Resuscitation 2008;76:425-430
- (7) Assar D, Chamberlain D, Colquhoun M et al. Randomised controlled trials of staged teaching for basic life support. 1. Skill acquisition at bronze stage. Resuscitation 2000;45:7-15.
- (8) Aufderheide TP, Lurie KG Death by hyperventilation: a common and life-threatening problem during cardiopulmonary resuscitation. Crit Care Med 2004;32:5341-5351
- (9) Aufderheide TP, Sigurdsson G, Pirralo RG et al. Hyperventilation–induced hypotension during cardiopulmonary resuscitation. Circulation 2004;109:1960-1965

- (10) Aufderheide TP, Pirrallo RG, Yannopoulos D et al. Incomplete chest wall decompression: a clinical evaluation of Wiederbelebung performance by EMS personnel and assessment of alternative manual chest compression-decompression techniques. *Resuscitation* 2005;64:353–362
- (11) Aune S, Eldh M, Engdahl J et al. Improvement in the hospital organisation of CPR training and outcome after cardiac arrest in Sweden during a 10-year-period. *Resuscitation* 2011;82:431-435
- (12) Babbs CF, Kern KB Optimum compression to ventilation ratios in CPR under realistic, practical conditions: a physiological and mathematical analysis. *Resuscitation* 2002;54:147-157
- (13) Bahr J, Panzer W, Klingler H, Herz-Lungen-Wiederbelebung durch Ersthelfer – Einige Ergebnisse und Folgen aus dem Göttinger Pilotprojekt. *AINS* 2001;36(9):573–579
- (14) Baskett PJ, Nolan JP, Handley A et al. European Resuscitation Council guidelines for resuscitation 2005. Section 9. Principles of training in resuscitation. *Resuscitation* 2005;67 Suppl.:181–189
- (15) Beckers SK, Skorning MH, Fries M, et al. CPREzy improves performance of external chest compressions in simulated cardiac arrest. *Resuscitation* 2007;72:100–107.
- (16) Berg RA, Sanders AB, Kern KB, et al. Adverse hemodynamic effects of interrupting chest compressions for rescue breathing during cardiopulmonary resuscitation for ventricular fibrillation cardiac arrest. *Circulation* 2001;104:2465-2470
- (17) Berg RA, Hemphill R, Abella BS et al. Part 5: adult basic life support: 2010 American heart association guidelines for cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiovascular care. *Circulation* 2010;122(18 Suppl. 3):685-705.
- (18) Bibel, Altes Testament, 1. Buch Könige 17: 17-22 (Übersetzung: Zürcher Bibel 2007)
- (19) Bibel, Altes Testament, 2. Buch Könige 4: 32-35 (Übersetzung: Neues Leben 2006)

- (20) Bobrow BJ, Clark LL, Ewy GA, Minimally interrupted cardiac resuscitation by emergency medical services for out-of-hospital cardiac arrest. JAMA 2008;299:1158-1165
- (21) Boe JM, Babbs CF Mechanics of cardiopulmonary resuscitation performed with the patient on a soft bed versus a hard surface. Acad Emerg Med 1999;6(7):754–757
- (22) Boehm R Über Wiederbelebung nach Vergiftungen und Asphyxia. Arch Exp Pathol Pharmacol 1878;8:68
- (23) Bohn A, Weber TP, Wecker S et al. The addition of voice prompts to audiovisual feedback and debriefing does not modify CPR quality or outcomes in out of hospital cardiac arrest – A prospective, randomized trial. Resuscitation 2011;82:257–262
- (24) Böttiger BW, Nolan JP Hauptsache Herzmassage - Die neuen europäischen Richtlinien zur kardiopulmonalen Reanimation. AINS 2006;41:59-63
- (25) Brambrink AM Reanimation, Anästhesie und Intensivmedizin, Springer-Verlag 2006:537-552
- (26) Brindley PG, Simmonds M, Gibney RT Medical emergency teams: is there M.E.R.I.T.? Can J Anesth 2007;54:389–391
- (27) Bruns O Klinische Wochenschrift 2. Jahrgang 1923;52:2333-2337
- (28) Bundesärztekammer (2000): Reanimation - Empfehlungen für die Wiederbelebung. VII. Anhang - Sonderfälle. Dt. Ärzte-Verlag, Köln, 2. Aufl.,137-144
- (29) Callans DJ Out-of-Hospital Cardiac Arrest - The solution is shocking New England Journal of Medicine 2004;351(7):632-634
- (30) Cardiopulmonary resuscitation: statement by the Ad Hoc Committee on Cardiopulmonary Resuscitation of the Division of Medical Sciences, National Academy of Sciences-National Research Council. JAMA 1966;198:372-379

- (31) Cardiopulmonary Resuscitation: Conference Proceedings, National Academy of Sciences-National Research Council, 1967
- (32) Chamberlain D, Smith A, Colquhoun M et al. Randomized controlled trials of staged teaching for basic life support. 2. Comparison of CPR performance and skill retention using either staged instruction or conventional teaching. *Resuscitation* 2001;50:27-37
- (33) Chi CH, Tsou JY, Su FC Effects of rescuer position on the kinematics of cardiopulmonary resuscitation (CPR) and the force of delivered compressions, *Resuscitation* 2008;76:69-75
- (34) Christenson J, Andrusiek D, Everson-Stewart S et al. Chest compression fraction determines survival in patients with out-of-hospital ventricular fibrillation. *Circulation* 2009;120:1241–1247
- (35) Crile GW, Dolley DH An experimental research into the resuscitation of dogs killed by anesthetics and asphyxia. *JExp Med* 1906;8:713-725
- (36) Cummins RO. American Heart Association in collaboration with the International Liaison Committee on Resuscitation. Guidelines 2000 for cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiovascular care: international consensus on science. *Circulation* 2000;102(Suppl.I):1-384
- (37) Dailey RH The airway: emergency management, Mosby Year Book, St Louis 1992
- (38) David MI Models of faculty development for problem-based learning, *Adv. Health Sci. Educ.* 1(1), 69-81
- (39) Deakin CD et al., Erweiterte Reanimationsmaßnahmen für Erwachsene („advanced life support“). Sektion 4 der Leitlinien zur Reanimation 2010 des European Resuscitation Council. *Notfall Rettungsmed* 2010;13:559–620.

- (40) Dellimore KH, Scheffer C Optimal chest compression in cardiopulmonary resuscitation depends upon thoracic and back support stiffness Med Biol Eng Comput 2012;50:1269-1278
- (41) Dick WF: Anglo-American vs. Franco-German emergency medical services system. Prehosp Disaster Med 2003;18:29–35
- (42) Donabedian, A "Evaluating the quality of medical care. 1966"; Milbank Q 2005;83/4:691-729
- (43) Dorph E, Wik L, Steen PA Aterial blood gases with 700ml tidal volumes during out-of-hospital CPR. Resuscitation 2004;61:23-27
- (44) Duncan TG, McKeachie WJ. The making of the motivated strategies for learning questionnaire. Educ Psychol 2005;40(2):117-128.
- (45) ECC Committee, Subcommittees and Task Forces of the American Heart Association; American Heart Association guidelines for cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiovascular care. Circulation 2005;112[Suppl 24]:1–211
- (46) Eccles JS, Wigfield A. Motivational beliefs, values, and goals. Ann Rev Psychol 2002;53(1):109-132.
- (47) Eckart WU, Geschichte der Medizin 2009 Springer Verlag. S. 69-316
- (48) Edelson DP, Abella BS, Kramer-Johansen J et al. Effects of compression depth and pre-shock pauses predict defibrillation failure during cardiac arrest. Resuscitation 2006;71:137–145
- (49) Eftestol T, Sunde K, Steen PA et al. Effects of interrupting precordial compressions on the calculated probability of defibrillation success during out-of-hospital cardiac arrest. Circulation 2002;105:2270–2273

- (50) Eisenburger P, Safar P Life supporting first aid training of the public-review and recommendations. *Resuscitation* 1999;41:3-18
- (51) Elam JO, Greene DG, Brown ES, et al. Oxygen and carbon dioxide exchange and energy cost of expired air resuscitation. *JAMA* 1958;167:328-334
- (52) Elam JO Bag-valve-mask O₂ventilation, In: Safar P, Elam JO (eds) *Advances in Cardiopulmonary Resuscitation: The WolfCreek Conference on Cardiopulmonary Resuscitation*, Springer Berlin, Heidelberg, New York 1977;73-79
- (53) European Resuscitation Council - Guidelines 2000 Part 4: The Automated External Defibrillator: Key Link in the Chain of Survival *Resuscitation* 2000;46:73-91
- (54) European Resuscitation Council European Resuscitation Council guidelines for resuscitation 2005. *Resuscitation* 2005;67:1–189
- (55) European Resuscitation Council: Guidelines for Resuscitation 2005. Section 3. Electrical therapies: Automated external defibrillators, defibrillation, cardioversion and pacing. *Resuscitation* 2005;67(Suppl 1):25–37
- (56) European Resuscitation Council Guidelines for resuscitation 2010 section 1: executive summary. *Resuscitation* 2010;81:1219–1276
- (57) Ewy GA. Cardiopulmonary Resuscitation - Strengthening the Links in the Chain of Survival *New England Journal of Medicine* 2000;342(21):1599-1601
- (58) Ewy GA, Zuercher M, Hilwig RW, et al. Improved neurological outcome with continuous chest compressions compared with 30:2 compressions-to-ventilations cardiopulmonary resuscitation in a realistic swine model of out-of-hospital cardiac arrest. *Circulation* 2007;116:2525-2530
- (59) Fisher RA, *Statistical methods for research workers* 1925

- (60) Fletcher D, Galloway R, Chamberlain D et al. Basics in advanced life support: a role for download audit and metronomes. *Resuscitation* 2008;78:127–134.
- (61) Fossel M, Kidkaddon RT, Sternbach GL, Retention of cardiopulmonary resuscitation skills by medical students, *J Med Educ* 1983;58:568-575
- (62) von Goedecke A, Keller C, Wenzel V Maskenbeatmung als Rückzugsstrategie zur endotrachealen Intubation. *Anaesthesist* 2006;55:70–79
- (63) Gombotz H, Weh B, Mittendorfer W, Rehak P: In-hospital cardiac resuscitation outside the ICU by nursing staff equipped with automated external defibrillators – the first 500 cases. *Resuscitation* 2006;70:416–422
- (64) Gordon AS Proceedings of Conference on CPR and ECC, Dallas. American Heart Association 1995
- (65) Gräsner JT, Wnent J, Seewald S et al. Erste Hilfe und Traumamanagement – Ergebnisse aus dem Deutschen Reanimationregister. *AINS* 2012;47:724–731
- (66) Greene TA, Heart massage as a means of restoration in cases of apparent sudden death. *Lancet* 1900;2:1708
- (67) Gütgemann-Bonn A Herzstillstand und Wiederbelebung, *Langenbecks Archiv und Deutsche Zeitschrift für Chirurgie* 1953;273:214-219
- (68) Guidelines 2000 for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care. Part 3: adult basic life support. The American Heart Association in collaboration with the International Liaison Committee on Resuscitation. *Circulation* 2000;102:122-159
- (69) Hallstrom A, Cobb L, Johnson E, et al. Cardiopulmonary resuscitation by chest compression alone or with mouth-to-mouth ventilation. *N Engl J Med* 2000;342:1546–1553
- (70) Hamilton R Nurses' knowledge and skill retention following cardiopulmonary resuscitation training: a review of the literature, *J Adv Nurs* 2005;51(3):288-297

- (71) Handley AJ, Handley SA. Improving CPR performance using an audible feedback system suitable for incorporation into an automated external defibrillator. *Resuscitation* 2003;57:57–62.
- (72) Handley AJ, Koster R, Monsieurs K et al. European Resuscitation Council. European Resuscitation Council guidelines for resuscitation 2005. Section 2. Adult basic life support and use of automated external defibrillators. *Resuscitation* 2005;67Suppl1:7–23
- (73) Heard SR, Schiller G, Aitken M et al.: "Continuous quality improvement: educating towards a culture of clinical governance"; *Qual Health Care* 2001;10Suppl2:70-78
- (74) Heidenreich JW, Higdon TA, Kern KB et al. Single-rescuer cardiopulmonary resuscitation: "two quick breathes" - an oxymoron, *Resuscitation* 2004;62:283-289
- (75) Hendrick J, Pijls N, van der Werf T et al. Cardiopulmonary resuscitation on the general ward: No category of patients should be excluded in advance. *Resuscitation* 1990; 20:163-171
- (76) Herlitz J, Bang A, Alsen B, Aune S. Characteristics and outcome among patients suffering from in hospital cardiac arrest in relation to the interval between collapse and start of CPR. *Resuscitation* 2002;53:21-27
- (77) Herlitz J, Svensson L, Holmberg S et al. Efficacy of bystander CPR: intervention by lay people and by health care professionals. *Resuscitation* 2005;66:291-295
- (78) Hoppe U.C. Rhythmusstörungen des Herzens, *Klinische Kardiologie* 2011;103-104
- (79) Horbar JD, Rogowski J, Plsek P et al. "Collaborative quality improvement for neonatal intensive care. NIC/Q Project Investigators of the Vermont Oxford Network"; *Pediatrics* 2001;107(1):14-22
- (80) Huang CH, Chen WJ, Ma MH et al. Factors influencing the outcomes after in-hospital resuscitation in Taiwan. *Resuscitation* 2002;53:265–270

- (81) Huhnigk P, Sefrin P, Paulus T Skills and self-assessment in cardiopulmonary resuscitation of the hospital nursing staff. *European Journal of Emergency Medicine* 1994;1:193-198
- (82) Idris A, Gabrielli A, Caruso L Smaller tidal volume is safe and effective for bag-valve-ventilation, but not for mouth-to-mouth ventilation: an animal model for basic life support. *Circulation* 1999;100(Suppl1):1-644
- (83) International Liaison Committee of Resuscitation. International Guidelines for CPR and ECC – A Consensus of Science. *Resuscitation* 2000;46(1-3):3–447
- (84) International Liaison Committee on Resuscitation (ILCOR). Guidelines of Resuscitation 2005. *Resuscitation* 2005;67(2-3):157-342
- (85) Jäntti H, Silfvast T, Turpeinen A, et al. Influence of chest compression rate guidance on the quality of cardiopulmonary resuscitation performed on manikins. *Resuscitation* 2009;80:453–457.
- (86) Karbach U, Schubert I, Hagemeyer J Ärztliches Leitlinienwissen und die Leitliniennähe hausärztlicher Therapien: Eine explorative Studie am Beispiel kardiovaskulärer Erkrankungen *Dtsch Arztebl Int* 2011;108(5):61-69
- (87) Kauffeld S. Nachhaltige Weiterbildung 2010;109-128
- (88) Kaye W, Mancini ME. Retention of cardiopulmonary resuscitation skills by physicians, registered nurses and the general public. *Crit Care Med* 1986;14:620–622
- (89) Kern KB, Hilwig RW, Berg RA et al. Importance of continuous chest compressions during cardiopulmonary resuscitation: improved outcome during a simulated single lay-rescuer scenario. *Circulation* 2002;105:645–649
- (90) Kern KB, Stickney RE, Gallison L, Smith RE. Metronome improves compression and ventilation rates during CPR on a manikin in a randomized trial. *Resuscitation* 2009;81(2):206-210.

- (91) Khan TM, Hassali MA, Rasool ST A study assessing the impact of different teaching modalities for pharmacy students in Cardio-Pulmonary Resuscitation (CPR) course. Saudi Pharmaceutical Journal 2012
- (92) Kill C Reanimation nach der Jahrtausendwende – Neue Standards oder Altbewährtes? AINS 2002;37:197–199
- (93) Kiyan S, Yanturali S, Musal B et al. Determination of advanced life support knowledge level of residents in a Turkish university hospital. J Emerg Med 2008;35:213-222
- (94) Klingenheben T Reanimation bei Kammerflimmern: Worauf kommt es an? Herzschrittmacher und Elektrophysiologie 2005;16(2):78-83
- (95) Klinke R, Pape HC, Silbernagl S, Physiologie Georg Thieme Verlag KG 2005;304
- (96) Knowles M, Holton E, Swanson R The adult learner 6th ed. San Diego:Elsevier 2005
- (97) Ko PC, Chen WJ, Lin CH et al. Evaluating the quality of prehospital cardiopulmonary resuscitation by reviewing automated external defibrillator records and survival for out-of-hospital witnessed arrests. Resuscitation 2005;64:163-169
- (98) Koster RW, Baubin MA, Bossaert LL et al. Basismaßnahmen zur Wiederbelebung Erwachsener und Verwendung automatisierter externer Defibrillatoren Notfall Rettungs-med 2010;13:523–542
- (99) Koster RW, Baubin MA, Bossaert LL et al. European Resuscitation council guidelines for resuscitation 2010 section 2. Adult basic life support and use of automated external defibrillators. Resuscitation 2010;81(10):1277-1292.
- (100) Kouwenhoven WB, Jude JR, Knickerbocker GG: Closed-chest cardiac massage. JAMA 1960;173:1064-1067
- (101) Kouwenhoven WB: The development of the defibrillator. Ann Intern Med 1969;71:454.

- (102) Kramer-Johansen J, Myklebust H, Wik L et al. Quality of out-of-hospital cardio-pulmonary resuscitation with real time automated feedback: a prospective interventional study. *Resuscitation* 2006;71:283–292
- (103) Larsen R *Anästhesie* 2006;8:907-958
- (104) Larsen R *Praxisbuch Anästhesie* 2009;1:593-622
- (105) Lawin P, Prien T, Anaesthesiology in Germany. *J. Clin. Anesth.* 1991;3:178
- (106) Lirola T, Lund VE, Katila AJ et al. Teaching hospital physicians' skills and knowledge of resuscitation algorithms are deficient. *Acta Anaesthesiol Scand* 2002;46:1150-1154
- (107) Lukas RP, Van Aken H, Engel P, Bohn A Echtzeit-Feedback-Systeme zur Verbesserung der Reanimationsqualität *Anaesthesist* 2011;60:653–660
- (108) Maguerez G, Erbaud M, Terra JL et al. "Evaluation of 60 continuous quality improvement projects in French hospitals"; *Int J Qual Health Care*: 2001;13(2):89-97
- (109) Mandrakas N Reanimation internistischer Patienten in einem Krankenhaus der Maximalversorgung, *Med Diss* 2009;5-55
- (110) Maass Die Methode der Wiederbelebung bei Herztod nach Chloroformeinathmung. *Berlin Klin. Wochenschr.* 1892;12:205
- (111) McGlynn EA, Asch SM, Adams J et al. The quality of health care delivered to adults in the United States. *N Engl J Med* 2003;348:2635–2645
- (112) McLaughlin S, Fitch MT, Goyal DG et al. Simulation in graduate medical education 2008: a review for emergency medicine. *Acad Emerg Med* 2008;15:1117-1129.
- (113) Monsieurs KG, De Regge M, Vogels C, Calle PA. Improved basic life support performance by ward nurses using the CAREvent Public Access Resuscitator (PAR) in a simulated setting. *Resuscitation* 2005;67(1):45-50.

- (114) Nadkarni VM, Larkin GL, Peberdy MA et al. National Registry of Cardiopulmonary Resuscitation Investigators. First documented rhythm and clinical outcome from in-hospital cardiac arrest among children and adults. JAMA 2006;295:50–57
- (115) Negovsky VA. Reanimatology today: some scientific and philosophic considerations. Crit Care Med 1982;10:130–133
- (116) Niles DE, Sutton RM, Nadkarni VM et al. Prevalence and hemodynamic effects of leaning during CPR, Resuscitation 2011;825:523-526
- (117) Nishiyama C, Iwami T, Kawamura T et al. Effectiveness of simplified chest compression-only CPR-Training for the general public: A randomized controlled trial, Resuscitation 2008;79:90-96
- (118) Nolan JP European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2005 Section 1. Introduction Resuscitation 2005;67(1):3-6
- (119) Nolan JP, Soar J, Zideman DA et al. Sektion 1 der Leitlinien zur Reanimation 2010 des European Resuscitation Council Notfall Rettungsmed 2010;13:515–522
- (120) Noordergraaf GJ, Drinkwaard BW, van Berkomp PF et al. The quality of chest compressions by trained personnel: the effect of feedback, via the CPREzy, in a randomized controlled trial using a manikin model. Resuscitation 2006;69:241–252.
- (121) Noordergraaf GJ, Paulussen IWF, Venema A et al. The impact of compliant surfaces on in-hospital chest compressions: effects of common mattresses and a backboard. Resuscitation 2009;80:546–552
- (122) Nyman J, Sihvonen M: Cardiopulmonary resuscitation skills in nurses and nursing students. Resuscitation 2000;47:179-184
- (123) O'Flaherty M; Trans: Hindu Myths London, Penguin Books 1975;282-286

- (124) Olasveengen TM, Vik E, Kuzovlev A, Sunde K Effect of implementation of new resuscitation guidelines on quality of cardiopulmonary resuscitation and survival. Resuscitation 2009;80:407-411
- (125) Palter VN, Grantcharov TP. Simulation in surgical education. CMAJ 2010;182:1191-1196
- (126) Paraskos JA: History of CPR and the role of the National Conference. Ann Emerg Med 1993;22(2):275-280.
- (127) Peberdy MA, Kaye W, Ornato JP et al. Cardiopulmonary resuscitation of adults in the hospital: a report of 14720 cardiac arrests from the National Registry of Cardiopulmonary Resuscitation. Resuscitation 2003;58:297-308
- (128) Pierre MS et al. Notfallmanagement, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2011
- (129) Pintrich P, Schunk D, Motivation in education: theory, research, and applications. 2nd ed. New Jersey: Merill Prentice Hall 2002
- (130) von Planta I, Weil MH, von Planta M et al. Cardiopulmonary resuscitation in the rat. J Appl Physiol 1988;65:2641-2647
- (131) Ruchholtz S, Waydhas C, Lewan U et al. "A multidisciplinary quality management system for the early treatment of severely injured patients: implementation and results in two trauma centers"; Intensive Care Med: 2002;28(10):1395-1404.
- (132) Safar P, History of cardiopulmonary-cerebral resuscitation, in Kaye W, Bircher N (eds): CardiopulmonaryResuscitation New York, Churchill Livingstone 1989
- (133) Safar P, Escarraga L, Elam JO: A comparison of the mouth-to-mouth and mouth-to-airway methods of artificial respiration with the chest pressure arm-lift method. N Engl J Mad 1958;258:671-677.
- (134) Safar P, Advances in Cardiopulmonary Resuscitation. Springer New York 1977

- (135) Sandroni C, Nolan J, Cavallaro F, et al. In-hospital cardiac arrest: incidence, prognosis and possible measures to improve survival. *Intensive Care Med* 2007;33: 237-245
- (136) Sayre MR, Cantrell SA, White LJ et al. Impact of the 2005 American Heart Association cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiovascular care guidelines on out-of-hospital cardiac arrest survival, *Preshosp Emerg Care* 2009;13:469-477
- (137) Sayre MR, Berg RA, Cave DM et al. Hands-only (compression-only) cardiopulmonary resuscitation: a call to action for bystander response to adults who experience out-of-hospital sudden cardiac arrest. A science advisory for the public from the American Heart Association Emergency Cardiovascular Care Committee 2008
- (138) Schäfer EA Description of a simple and efficient method of performing artificial respiration in the human subject. *Transactions of the Royal Medical and Chirurgical Society* 1904;87:609
- (139) Schellhammer F: Do radiologists want/need training in cardiopulmonary resuscitation? Results of an Internet questionnaire. *Acta Radiol* 2003;44:56-58
- (140) Schikora K. Innerklinisches Notfallmanagement in Mecklenburg-Vorpommern und Schleswig-Holstein, *Med Diss* 2009
- (141) Silvester HR A new method of resuscitating stillborn children and of restoring persons apparently dead or drowned. *Br Med J* 1858;2:576
- (142) Skorning M, Derwall M, Brokmann JC et al. External chest compressions using a mechanical feedback device; Cross-over simulation study *Anaesthesist* 2011;60:717–722
- (143) Soar J, Monsieurs KG, Ballance J et al. European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2010. Section 9. Principles of education in resuscitation. *Resuscitation* 2010;81

- (144) Standards for cardiopulmonary resuscitation (CPR) and emergency cardiac care (ECC). JAMA 1974;227(suppl):833-868.
- (145) Standards and guidelines for cardiopulmonary resuscitation (CPR) and emergency cardiac care (ECC). JAMA 1980;244:453-809
- (146) Stephenson Jr. HE , Reid LC, Hinton JW: Some common denominators in 1200 cases of cardiac arrest. Ann'Surg 1953;137:731-744.
- (147) Sugerman NT, Edelson DP, Leary M et al. Rescuer fatigue during actual in-hospital cardiopulmonary resuscitation with audiovisual feedback: a prospective multicenter study. Resuscitation 2009;80:981-984
- (148) Thoren AB, Axelsson A, Holmberg S, Herlitz J. Measurement of skills in cardiopulmonary resuscitation - do professionals follow given guidelines? Eur J Emerg Med 2001;8:169-176
- (149) Timmermann A, Roessler M, Barwing J et al. Neue Wege der studentischen Lehre - Erste Erfahrungen im Querschnittsbereich Notfall- und Intensivmedizin. AINS 2005;40:536-543
- (150) Tortolani AJ, Resucci DA, Rosati RJ, Dixon R; In-hospital cardiopulmonary: patient arrest and resuscitation factors associated with survival. Resuscitation 1990; 20:115-118
- (151) Trappe HJ Frühdefibrillation: Wo stehen wir? Dtsch med Wochensh 2005;130: 685-688
- (152) Trappe HJ, Andresen D, Arntz HR et al. Position paper on „automated external defibrillation“. Z Kardiol 2005;94:287-295
- (153) Valenzuela TD, Kern KB, Clark LL et al. Interruptions of Chest Compressions During Emergency Medical Systems Resuscitation Circulation 2005;112:1259-1265

- (154) Vanderschmidt H, Burnap TK et al. Evaluation of a cardiopulmonary resuscitation course for secondary schools retention study. *Med Care* 1976;14(2):181-184
- (155) Walters WA, Bailey H, Kaplan LJ Can preclinical medical students be integrated into the continuing medical education process by instructing prehospital care providers? *Am J Surg* 2000;179:229-233
- (156) Weaver WD, Peberdy MA Defibrillators in Public Places – One Step closer to home *New England Journal of Medicine* 2002;347(16):1223-1224
- (157) Weil MH, Fries M In-hospital cardiac arrest. *Crit Care Med* 2005;33:2825–2830
- (158) Weinberg ER, Auerbach MA, Shah NB. The use of simulation for pediatric training and assessment. *Curr Opin Pediatr* 2009;21:282-287.
- (159) Wenzel V, Lehmkuhl P, Kubilis PS et al. Poor correlation of mouth-to-mouth ventilation skills after basic life training and 6 months later. *Resuscitation* 1997;35:129-135
- (160) Wik L, Thowsen J, Steen PA. An automated voice advisory manikin system for training in basic life support without an instructor: a novel approach to CPR training. *Resuscitation* 2001;50:167–172.
- (161) Wik L, Hansen TB, Fylling F et al. Delaying defibrillation to give basic cardiopulmonary resuscitation to patients with out-of-hospital ventricular fibrillation: a randomized trial. *JAMA* 2003;289:1389–1395
- (162) Wik L, Kramer-Johansen J, Myklebust H et al. Quality of cardiopulmonary resuscitation during out-of-hospital cardiac arrest. *JAMA* 2005;293:299-304
- (163) Wilhelm W. *Praxis der Intensivmedizin*, Springer Verlag Heidelberg 2011;73-81
- (164) Williamson LJ, Larsen PD, Tzeng YC, Galletly DC Effect of automatic external defibrillator audio prompts on cardiopulmonary resuscitation performance. *Emerg Med J* 2005;22(2):140-143

(165) Wilson E, Brooks B, Tweed WA, CPR skills retention of lay basic rescuers, Ann Emerg med 1983;12:482-484

(166) Woollard M, Whitfield R, Newcombe RG et al. Optimal refresher training intervals for AED and CPR skills: a randomised controlled trial. Resuscitation 2006;71:237–247

(167) Yannopoulos D, McKnite S, Aufderheide TP et al. Effects of incomplete chest wall decompression during cardiopulmonary resuscitation on coronary and cerebral perfusion pressures in a porcine model of cardiac arrest. Resuscitation 2005;64:363-372

(168) Zylka-Menhorn V Kenntnisse in der Ranimation weisen Mängel auf. Dt Aerzteblatt 2004;101:76-77

Erklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die beigefügte Dissertation selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel genutzt habe.

Ich versichere außerdem, dass ich die beigefügte Dissertation nur in diesem und keinem anderen Promotionsverfahren eingereicht habe und, dass diesem Promotionsverfahren keine endgültig gescheiterten Promotionsverfahren vorausgegangen sind.

Ort, Datum

Unterschrift